

**19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

Offenlegungsschrift
DE 199 14 698 A 1

⑤ Int. Cl.⁶:
H 03 B 5/36
H 03 J 5/00

(21) Aktenzeichen: 199 14 698.5
 (22) Anmeldetag: 31. 3. 99
 (43) Offenlegungstag: 21. 10. 99

③⑩ Unionspriorität:

90327/98	02.04.98	JP
80498/99	24.03.99	JP

⑦① Anmelder:

Seiko Epson Corp., Tokio/Tokyo, JP

⑦④ Vertreter:

Hoffmann, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 82166
Gräfelfing

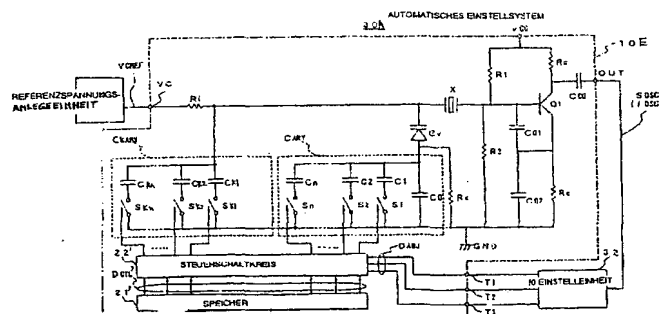
⑦② Erfinder:

Endo, Takashi, Suwa, Nagano, JP; Oka, Manabu, Suwa, Nagano, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Kondensatorgruppeneinheit, Kondensatorgruppeneinheit-Steuereinrichtung, Oszillatorschaltung, Frequenzeinstellsystem und Frequenzeinstellverfahren

57 Eine VCPO-Schaltung (spannungsgesteuerte piezoelektrische Schwingungsschaltung) kann ohne Erfordernis der Verwendung eines Trimmerkondensators aufgrund des Einsatzes einer Kapazitätsanordnung (CARY) mit oder ohne zusätzlicher Kapazitätsanordnung (CKARY) aufgebaut werden, wodurch die Anzahl von externen Komponenten um Eins verringert wird. Hierdurch werden die Montagekosten reduziert, so daß der Preis der VCPO-Schaltung verringert ist. Die Kapazitätsanordnung und die zusätzliche Kapazitätsanordnung können in einem IC untergebracht sein, wodurch eine Verringerung der Größe der VCPO-Schaltung möglich ist. Die VCPO-Schaltung, die die Kapazitätsanordnung (CARY) und (CKARY) enthält, zeigt hohe Stabilität sowohl im Hinblick auf zeitliche Änderungen als auch stabile Arbeitsweise, was wiederum eine hohe Stabilität des Betriebs eines diese VCPO-Schaltung enthaltenden Bauelements gewährleistet. Eine zur Einstellung der Mittenfrequenz dienende Einrichtung (32) erzeugt Einstelldaten DADJ, so daß die Einstellung der Mittenfrequenz rein elektrisch ausgeführt werden kann. Da ein bei den herkömmlichen Ausgestaltungen wesentlicher mechanischer Einstellvorgang nicht erforderlich ist, ist die für die Einstellung der Mittenfrequenz erforderliche Zeitdauer verkürzt, was eine Verringerung der Herstellungskosten der VCPO-Schaltung ermöglicht.



DE 199 14 698 A 1

DE 199 14 698 A 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Kapazitätsanordnungseinheit, eine Steuereinrichtung für eine Kapazitätsanordnungseinheit, einen Schwingkreis, ein Frequenzeinstellsystem und ein Frequenzeinstellverfahren. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Kapazitätsanordnungseinheit, eine Steuereinrichtung für eine Kapazitätsanordnungseinheit, einen Schwingkreis, ein Frequenzeinstellsystem und ein Frequenzeinstellverfahren, die in einer und für eine spannungsgesteuerte piezoelektrische Schwingungsschaltung (VCPO-Schaltung = "Voltage-Controlled Piezoelectric Oscillation" Schaltung) eingesetzt werden.

[1] Erste herkömmliche Ausgestaltung

Fig. 31 zeigt ein Schaltbild, das den Aufbau eines ersten Typs einer herkömmlichen spannungsgesteuerten piezoelektrischen Schwingungsschaltung (VCPO-Schaltung) veranschaulicht. Die VCPO-Schaltung ist allgemein mit 100 bezeichnet und weist die folgenden Teile oder Komponenten auf: einen Ausgangsanschluß OUT, über den ein Schwingungssignal S_{osc} mit einer Frequenz f_{osc} ausgegeben wird; einen Frequenzsteueranschluß VC, an den eine Steuerspannung V_C zum Ändern der Frequenz f_{osc} angelegt ist; einen Eingangswiderstand R_i , von dem ein Anschluß an den Frequenzsteueranschluß VC angeschlossen ist und der dazu dienen soll, eine nicht gezeigte Frequenzsteuerschaltung, die von einem Benutzer an den Frequenzsteueranschluß VC angeschlossen wird, grob (lose) zu koppeln, wobei er unerwünschte Auswirkungen der Frequenzsteuerschaltung auf die Schwingungsstufe unterdrückt; einen piezoelektrischen Resonator bzw. Schwinger X, der an den anderen Anschluß des Eingangswiderstands R_i angeschlossen ist; eine Diode C_v mit variabler Kapazität (im folgenden als "Kapazitätsdiode" ("Varicap") bezeichnet), die eine mit einem Verbindungspunkt zwischen dem Eingangswiderstand R_i und dem piezoelektrischen Schwinger X verbundene Kathode aufweist; und eine Trimmerkapazität CT (im folgenden auch als "Trimmer" bezeichnet), von der ein Anschluß mit der Anode der Kapazitätsdiode C_v verbunden ist und deren anderer Anschluß an die auf niedrigem Potential liegende Seite GND einer Spannungsversorgung (im folgenden einfach als GND bezeichnet) angeschlossen ist.

Die VCPO-Schaltung 100 weist ferner die nachfolgend angegebenen Teile oder Komponenten auf: einen Vorspannungswiderstand R_X , von dem ein Anschluß mit einem Verbindungspunkt zwischen der Kapazitätsdiode C_v und dem Trimmer CT verbunden ist und dessen anderer Anschluß an GND angeschlossen ist; einen ersten Vorspannungswiderstand R_1 , dessen einer Anschluß an eine auf höherem Potential liegende Seite VCC der Spannungsversorgung (im folgenden einfach als VCC bezeichnet) angeschlossen ist und dessen anderer Anschluß mit dem anderen Anschluß des piezoelektrischen Schwingers X verbunden ist; einen zweiten Vorspannungswiderstand R_2 , von dem ein Anschluß mit einem Verbindungspunkt zwischen dem piezoelektrischen Schwinger X und dem ersten Vorspannungswiderstand R_1 verbunden ist und dessen anderer Anschluß an GND angeschlossen ist; einen npn Transistor Q1, dessen Basis an einen Verbindungspunkt zwischen dem piezoelektrischen Schwinger X und dem Vorspannungswiderstand R_1 angeschlossen ist; und einen Kollektorwiderstand R_c , von dem ein Anschluß an VCC angeschlossen ist und dessen anderer Anschluß mit dem Kollektor des npn Transistors Q1 verbunden ist.

Die VCPO-Schaltung 100 enthält weiterhin die nachfolgend angegebenen Teile oder Komponenten: eine zur Gleichspannungsunterdrückung dienende Kapazität CCO , von der ein Ende an einen Verbindungspunkt zwischen dem Kollektorwiderstand R_c und dem npn Transistor Q1 angeschlossen ist und dessen anderer Anschluß mit dem Ausgangsanschluß OUT verbunden ist, und die dazu dient, eine Gleichspannungskomponente aus dem Schwingungssignal S_{osc} zu entfernen; einen Emitterwiderstand R_e , von dem ein Ende an den Emitter des npn Transistors Q1 angeschlossen ist und dessen anderes Ende mit GND verbunden ist; eine erste Schwingkapazität CO_1 , die einen mit einem Verbindungspunkt zwischen der Basis des npn Transistors Q1 und dem piezoelektrischen Schwinger X verbundenen Anschluß enthält und deren anderer Anschluß mit einem Verbindungspunkt zwischen dem Emitter des npn Transistors Q1 und dem Emitterwiderstand R_e verbunden ist; und eine zweite Schwingkapazität CO_2 , von der ein Anschluß an einen Verbindungspunkt zwischen dem Emitter des npn Transistors Q1 und dem Emitterwiderstand R_e angeschlossen ist und deren anderer Anschluß mit GND verbunden ist.

[2] Zweite herkömmliche Ausgestaltung

Fig. 32 zeigt einen zweiten Typ einer herkömmlichen VCPO-Schaltung. In dieser Figur sind mit Bezugszeichen, die gleich sind wie die in Fig. 1 auftretenden Bezugszeichen, die gleichen Teile oder Komponenten wie bei dem ersten, in Fig. 31 gezeigten Typ der bekannten Anordnung bezeichnet.

Der zweite Typ der herkömmlichen VCPO-Schaltung 200 unterscheidet sich von der VCPO-Schaltung 100 des ersten Typs dahingehend, daß der Vorspannungswiderstand R_X weggelassen ist, daß die Anode der Kapazitätsdiode C_v an GND angeschlossen ist, und daß der Trimmer CT parallel zu der Kapazitätsdiode C_v geschaltet ist.

[3] Funktion des Trimmers CT bei der ersten und der zweiten herkömmlichen Anordnung

Die tatsächliche Mittenfrequenz f_o' der Schwingung, die dann auftritt, wenn eine kalibrierte Steuerspannung angelegt wird, weicht von der Sollmittenfrequenz beispielsweise aufgrund von Abweichungen in den Eigenschaften der Komponenten wie etwa des piezoelektrischen Schwingers X und der Kapazitätsdiode C_v ab. Der Trimmer CT dient dazu, eine derartige Abweichung zu kompensieren, um hierdurch die tatsächliche Frequenz f_o' so zu steuern, daß sie gleich der Sollmittenfrequenz f_o ist.

Die tatsächliche Frequenz bzw. Istfrequenz f_o' wird folglich auf die Sollmittenfrequenz f_o geregelt, vorausgesetzt, daß der Kapazitätswert des Trimmers CT in angemessener Weise gesteuert wird.

Anders ausgedrückt, besteht die Rolle des Trimmer CT darin, eine Abweichung der Mittenfrequenz zu korrigieren, wobei diese Abweichung aufgrund einer Änderung der Eigenschaften der Komponenten der VCPO-Schaltung auftritt,

um hierdurch die Frequenz mit der Sollfrequenz zur Übereinstimmung zu bringen, wenn eine kalibrierte Steuerspannung an den Schwingkreis angelegt wird. Im allgemeinen wird daher eine Justierung des Trimmers CT als der abschließende Schritt bei dem Prozeß der Herstellung der VCPO-Schaltung vor der Auslieferung derselben ausgeführt.

Bei einem Beispiel wird der Kapazitätswert des Trimmers CT so justiert, daß eine Mittenfrequenz f_0 von 13,0 MHz erhalten wird, wenn eine Steuerspannung V_c von 2,5 V angelegt wird.

Der Trimmer CT ist damit eigentlich nicht dafür gedacht, den Benutzer zur Trimmung der Frequenz durch Justierung des Trimmers zu veranlassen. Wenn jedoch der spannungsgesteuerte Schwingkreis tatsächlich beispielsweise auf einer gedruckten Leiterplatte montiert ist, kann die Mittenfrequenz f_0 der Schwingung von der Sollmittenfrequenz f_0 beispielsweise aufgrund einer thermischen Belastung abweichen. In einem solchen Fall kann der Trimmer CT wirkungsvoll als eine Einrichtung zum Ermöglichen einer Justierung zum Zweck der Beseitigung der Abweichung der tatsächlichen Frequenz f_0 von der Sollmittenfrequenz f_0 der Schwingung benutzt werden.

[4] Funktion der Kapazitätsdiode C_v bei der ersten und der zweiten herkömmlichen Anordnung

Die Frequenz f_{osc} ist dadurch steuerbar, daß der Kapazitätswert der Kapazitätsdiode C_v variiert wird. Dieser Kapazitätswert wird seinerseits dadurch gesteuert, daß der Pegel der an den Frequenzsteueranschluß VC angelegten Steuerspannung V_c variiert wird. Bei dem vorstehend genannten Beispiel wird die Frequenz f_{osc} beispielsweise im Bereich von

$$f_{osc} = 13,0 \text{ MHz} \pm 100 \text{ ppm}$$

gesteuert, wenn an den Frequenzsteueranschluß VC eine Steuerspannung V_c wie folgt angelegt wird:

$$V_c = 2,5 \pm 2,0 \text{ V.}$$

[5] Prinzip der Arbeitsweise der VCPO-Schaltung

Im folgenden werden die Grundlagen des Betriebs der VCPO-Schaltung erläutert.

Fig. 33 zeigt ein Ersatzschaltbild der VCPO-Schaltung während der Schwingung. Die VCPO-Schaltung ist grob in zwei Abschnitte unterteilt: in den piezoelektrischen Schwinger X und den restlichen Teil der Schaltung. Der piezoelektrische Schwinger X kann als eine Reihenschaltung aus einer Ersatzreaktanz L und einem Ersatzwiderstand R ausgedrückt werden, während der restliche Teil der Schaltung durch eine Reihenschaltung aus einer Lastkapazität CL und einem negativen Widerstand $-R$ beschrieben wird.

Fig. 34 zeigt ein Ersatzschaltbild des piezoelektrischen Schwingers. Der piezoelektrische Schwinger X kann als eine Reihenschaltung beschrieben werden, die die beiden Anschlüsse des Schwingers X miteinander verbindet und die einen Ersatzwiderstand R1, eine Ersatzreaktanz L1 und eine Serieneratzkapazität CS sowie eine Paralleleratzkapazität CP enthält, die parallel zu der vorstehend genannten Reihenschaltung liegt.

Mit der nachfolgend angegebenen Gleichung (1) wird die Beziehung zwischen der Frequenz f_{osc} und der Lastkapazität CL des verbleibenden Teils der Schaltung in der VCPO-Schaltung ausgedrückt, die unter Einsatz des piezoelektrischen Schwingers X realisiert ist:

$$dfr = \frac{f_{osc} - f_r}{f_r} = \frac{1}{2\gamma} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{CL}{CP}\right)} \quad (1)$$

In dieser Gleichung stellt das Symbol γ das Kapazitätsverhältnis dar, das folgendermaßen lautet: $\gamma = CP/CS$, wobei CP die Paralleleratzkapazität des piezoelektrischen Schwingers X bezeichnet und CS dessen Serieneratzkapazität repräsentiert. Das Symbol dfr bezeichnet die Frequenzabweichung, d. h. die Abweichung der Frequenz f_{osc} von der Serienresonanzfrequenz f_r des piezoelektrischen Schwingers X. Im folgenden wird nun die Lastkapazität CL beschrieben.

Fig. 35 zeigt die Verschaltung zwischen dem piezoelektrischen Schwinger X und den verschiedenen Kapazitäten, die die VCPO-Schaltung bilden, wobei diese Verschaltung dann erhalten wird, wenn die Kapazitätsdiode C_v und der Trimmer CT wie bei der ersten herkömmlichen Ausgestaltung in Reihe geschaltet sind.

Die Lastkapazität CL der Schaltung bei dem ersten Typ der herkömmlichen Ausgestaltung läßt sich daher durch die nachstehend angegebene Gleichung (2) ausdrücken, wobei mit CO1 und CO2 die Kapazitätswerte der Kapazitäten CO1 bzw. CO2 bezeichnet sind, während C_v und CT die Kapazitätswerte der Kapazitätsdiode C_v bzw. des Trimmers CT repräsentieren:

$$C_L = \frac{1}{\frac{1}{CO1} + \frac{1}{CO2} + \frac{1}{CT} + \frac{1}{C_v}} \quad (2)$$

Wenn im Unterschied hierzu die Kapazitätsdiode C_v und der Trimmer CT wie bei der zweiten herkömmlichen Ausgestaltung parallel geschaltet sind, liegt zwischen dem piezoelektrischen Schwinger X und den die VCPO-Schaltung bildenden Kapazitäten eine Verschaltung vor, wie sie in Fig. 36 gezeigt ist. Die Lastkapazität CL der Schaltung bei dem zweiten Typ der herkömmlichen Ausgestaltung läßt sich daher durch die nachstehend angegebenen Beispiele (3) ausdrücken:

$$C_L = \frac{1}{\frac{1}{C_{01}} + \frac{1}{C_{02}} + \frac{1}{(C_T + C_v)}} \quad (3)$$

[6] Vergleich zwischen der ersten und der zweiten herkömmlichen Ausgestaltung

Der erste und der zweite Typ der herkömmlichen Ausgestaltung werden nun auf der Basis der Annahme miteinander verglichen, daß die Eigenschaften des Trimmers CT, der Kapazitätsdiode Cv, der ersten Schwingkapazität CO1 und der zweiten Schwingkapazität CO2, die bei dem ersten Typ der herkömmlichen Ausgestaltung eingesetzt sind, die gleichen sind wie die Eigenschaften, die die entsprechenden Komponenten bei dem zweiten Typ der herkömmlichen Ausgestaltung besitzen.

Der erste Typ der herkömmlichen Ausgestaltung, die in Fig. 31 gezeigt ist und bei der die Reihenschaltung aus der Kapazitätsdiode Cv und dem Trimmer CT mit einem Ende des piezoelektrischen Schwingers X verbunden ist, bietet die nachstehend angegebenen Vorteile gegenüber dem zweiten Typ der herkömmlichen Ausgestaltung, die in Fig. 32 gezeigt ist und bei der eine Parallelschaltung aus der Kapazitätsdiode Cv und dem Trimmer CT mit einem Ende des piezoelektrischen Schwingers X verbunden ist.

[6.1] Einfachheit der Beibehaltung des einstellbaren Bereichs für die Mittenfrequenz fo der Schwingung mittels des Trimmers

Bei dem ersten Typ der herkömmlichen Ausgestaltung, der in Fig. 31 gezeigt ist und bei dem die Reihenschaltung aus der Kapazitätsdiode Cv und dem Trimmer CT mit einem Ende des piezoelektrischen Schwingers X verbunden ist, ist es dem Trimmer möglich, die Mittenfrequenz fo über einen breiteren Bereich hinweg zu justieren.

Dies vereinfacht es, die Mittenfrequenz fo der VCPO-Schaltung selbst bei irgendwelchen Änderungen der Eigenschaften des piezoelektrischen Schwingers X zu justieren. Demzufolge werden die Anforderungen bei der Herstellung des piezoelektrischen Schwingers X weniger streng, was zu einer Verringerung der Herstellungskosten des Schwingers beiträgt.

[6.2] Einfachheit der Beibehaltung des Bereichs, in dem die Frequenz durch die Kapazitätsdiode änderbar ist (f-Vc-Charakteristik)

Bei dem ersten Typ der herkömmlichen Ausgestaltung, bei dem die Reihenschaltung aus der Kapazitätsdiode Cv und dem Trimmer CT an ein Ende des piezoelektrischen Schwingers X in Reihe hiermit angeschlossen ist, ist eine einfache Beibehaltung des Bereichs, in dem die Frequenz variabel ist (fosc-Vc-Charakteristik), aufgrund der Wirkung der Kapazitätsdiode möglich.

Genauer gesagt, ermöglicht es die Reihenschaltung der Kapazitätsdiode Vc und des Trimmers CT mit einem Anschluß des piezoelektrischen Schwingers X, selbst bei einer nur kleinen Änderung der Steuerspannung Vc eine große Änderung der Abweichung der Frequenz fosc zu erzielen, wie dies aus Fig. 38 ersichtlich ist, in der die Kennlinie für die Frequenzabweichung der Frequenz fosc in Abhängigkeit von Vc dargestellt ist.

Im folgenden werden nun die Probleme erläutert, die bei den beschriebenen herkömmlichen Ausgestaltungen ange-troffen werden.

[7.1] Durch die Änderung des Kapazitätswerts des Trimmers hervorgerufene Beschränkung des Bereichs, in dem die fosc/Vc-Charakteristik änderbar ist

Die Vorgabe von weniger strengen Anforderungen an die Herstellung der piezoelektrischen Schwinger X führen zum Erfordernis von unterschiedlichen Kapazitätswerten der Trimmer für unterschiedliche Schwingkreise, damit die Mittenfrequenz der Schwingung in diesen Schaltungen justierbar ist.

Bei dem in Fig. 38 gezeigten zweiten Typ der herkömmlichen Ausgestaltung, bei der die Parallelschaltung aus der Kapazitätsdiode Cv und dem Trimmer CT an einen Anschluß des piezoelektrischen Schwingers X angeschlossen ist, kann eine Änderung der Steuerspannung Vc, die zum Zwecke der Justierung der Mittenfrequenz fo der Schwingung vorgenommen wird, keine wesentliche Änderung der Frequenz fosc hervorrufen, wenn der Kapazitätswert des Trimmers CT auf 50 pF oder 100 pF eingestellt ist. In einem solchen Fall ist es nicht möglich, die gewünschte fosc/Vc-Charakteristik zu erzielen.

Im Gegensatz hierzu besteht bei dem ersten Typ der herkömmlichen Ausgestaltung, bei dem die Kapazitätsdiode Cv und der Trimmer CT in Reihe an ein Ende des piezoelektrischen Schwingers X angeschlossen sind, keine Gefahr eines Fehlschlags bei der Erzielung der gewünschten fosc/Vc-Charakteristik, auch wenn eine Beschränkung hinsichtlich des Bereichs, in dem sich die Frequenz fosc ändert, nicht vermeidbar ist.

Es ist damit möglich, die durch eine Änderung des Kapazitätswerts des Trimmers hervorgerufene Beschränkung oder Einschränkung des Variationsbereichs der fosc/Vc-Charakteristik zu vermeiden, indem der erste Typ der Ausgestaltung eingesetzt wird, bei dem die Reihenschaltung aus der Kapazitätsdiode Cv und dem Trimmer CT mit einem Ende des piezoelektrischen Schwingers X verbunden ist.

[7.2] Probleme, die dem Einsatz des Trimmers zuzuschreiben sind

[7.2.1] Erstes Problem

Die Anzahl von Teilen oder Komponenten, die in dem piezoelektrischen Schwingkreis einzufügen sind, ist vom Standpunkt der Herstellungskosten aus gesehen vorzugsweise gering. Falls möglich, werden alle Teile und Komponenten in einem IC-Chip untergebracht, so daß sowohl die Montagekosten als auch die Teilekosten reduziert sind. 5

In der Praxis ist es jedoch schwierig, den piezoelektrischen Schwinger X, die Kapazitätsdiode Cv und den Trimmer CT in einem einzigen IC-Chip zu integrieren, was an den elektrischen Eigenschaften und anderen Anforderungen liegt. Bei der Herstellung eines piezoelektrischen Schwingkreises sind daher im wesentlichen mindestens vier diskrete Teile oder Komponenten erforderlich: nämlich ein IC, der die Schaltung enthält, der piezoelektrische Schwinger X, die Kapazitätsdiode Cv und der Trimmer CT, und zwar trotz des Versuchs, die Anzahl von Teilen oder Komponenten zu verringern. Hierdurch stellt sich eine praktische Grenze bei der Reduzierung der Produktionskosten. 10

[7.2.2] Zweites Problem

Der Trimmer CT ist ein elektromechanisches Teil, das ein mechanisches Drehteil zum Ändern des Kapazitätswerts enthält. Im Hinblick auf die Einfachheit der Handhabung stellt sich damit in der Praxis eine Grenze bezüglich der Verringerung der Größe des Trimmers CT. 15

Das Vorhandensein des Trimmers CT ist folglich einer der Faktoren, der ein Hindernis gegenüber einer Miniaturisierung des piezoelektrischen Schwingkreises und der Einsparung von Platzbedarf darstellt. 20

[7.2.3] Drittes Problem

Der Trimmer CT weist ein mechanisches Drehteil zum Ändern des Kapazitätswerts auf und weist daher im Vergleich mit Kapazitäten mit festem Kapazitätswert eine schlechtere Stabilität bei einer langen Benutzungsdauer auf. Zusätzlich tendiert das mechanische Teil dazu, zu mechanischen Positionsabweichungen zu führen, wenn es beispielsweise einer Schlagbeanspruchung durch eine externe Kraft ausgesetzt wird, was unerwünschterweise eine Abweichung des Kapazitätswerts von dem Sollwert ermöglicht. 25

Aus diesen Gründen besteht bei dem Einsatz eines Trimmers CT die Tendenz, daß die Stabilität des fertiggestellten piezoelektrischen Schwingkreises verschlechtert ist. 30

[7.3] Probleme im Hinblick auf die Kosten, die mit der automatischen Justierung der Mittenfrequenz f_0 der Schwingung zusammenhängen.

Fig. 39 zeigt ein Blockschaltbild, das den Aufbau eines automatischen Justiersystems zum Justieren der Mittenfrequenz f_0 der Schwingung bei dem ersten Typ der herkömmlichen VCPO-Schaltung veranschaulicht. 35

Das automatische Justiersystem 300 weist eine Justiereinheit 301 auf, die mit dem Ausgangsanschluß OUT verbunden ist. Die Justiereinheit 301 ist beispielsweise durch einen Personal Computer PC gebildet, der das Ausmaß der Drehung des Drehmechanismus des Trimmers CT berechnet, das dem erforderlichen Ausmaß der Justierung des Kapazitätswerts seitens des Trimmers CT entspricht, und der digitale Justiergrößendaten auf der Grundlage des berechneten Drehungsausmaßes abgibt. Das automatische Justiersystem 300 weist ferner einen Servomechanismus 302 auf, der eine Einstellschraube, die als der Drehmechanismus des Trimmers CT dient, um einen Betrag antreibt und dreht, der den Justiergrößendaten entspricht. 40

Die Arbeitsweise des automatischen Justiersystems zum Einstellen der Mittenfrequenz f_0 der Schwingung läuft in folgender Weise ab. 45

Die Justiereinheit 301 des Systems 300 überwacht die Frequenz des Schwingungssignals f_{osc} , das an dem Ausgangsanschluß OUT abgegeben wird, und gibt an den Servomechanismus 302 Justiergrößendaten ab, die dem zu bewirkenden Ausmaß der Justierung entsprechen. Der Servomechanismus 302 treibt und dreht die Justierschraube des Trimmers CT so an, daß die Frequenz auf die gewünschte Sollfrequenz eingestellt wird. 50

Es ist nicht einfach, das Ausmaß der Drehung der Justierschraube des Trimmers CT exakt und rasch zu steuern. Demzufolge wird die Ausbeute oder die Anzahl von Produkteinheiten der VCPO-Schaltung durch den Schritt der Justierung der Frequenz f_0 der Schwingung beschränkt. Dies führt unerwünschterweise zu einem Anstieg der Produktionskosten bei der Herstellung der VCPO-Schaltung. 55

Eine erste Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die Anzahl von Teilen oder Komponenten zu verringern, die in der VCPO-Schaltung eingesetzt werden, wobei zugleich der Montageprozeß vereinfacht wird, so daß hierdurch die Produktionskosten verringert werden. 60

Eine zweite Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Verringerung der Größe von VCPO-Schaltungen zu ermöglichen.

Eine dritte Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Verbesserung der Stabilität und folglich der Zuverlässigkeit von VCPO-Schaltungen. 65

Eine vierte Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine einfache automatische Justierung von VCPO-Schaltungen zu ermöglichen, um hierdurch die Kosten für die Justierung zu verringern, wobei auch die für die Einrichtung der Produktionsanlage erforderlichen Investitionen verringert werden.

[Mittel zur Lösung des Problems]

Diese Aufgaben werden jeweils durch eine Kapazitätsanordnungseinheit, eine Steuereinrichtung für eine Kapazitäts-

anordnungseinheit, einen Schwingkreis, ein Frequenzeinstellsystem und ein Frequenzeinstellverfahren gelöst, wie sie in den unabhängigen Ansprüchen beansprucht sind. Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

5

[Ausführungsbeispiele]

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindungen erschließen sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen.

10

[Kurze Beschreibung der Zeichnungen]

Fig. 1 zeigt eine Darstellung des Prinzips und des grundlegenden Aufbaus einer VCPO-Schaltung, die ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung verkörpert.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild einer VCPO-Schaltung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel.

15 Fig. 3 zeigt eine Darstellung einer Kapazitätsanordnung, die in dem ersten Ausführungsbeispiel enthalten ist und die durch bipolare Transistoren gebildete Schalter enthält.

Fig. 4 zeigt eine Darstellung einer Kapazitätsanordnung, die in dem ersten Ausführungsbeispiel eingefügt ist und Schalter enthält, die durch MOS Transistoren gebildet sind.

Fig. 5 zeigt ein Blockschaltbild eines Frequenzeinstellsystems zum Einstellen der Mittenfrequenz der Schwingung.

20 Fig. 6 bis 9 zeigen Blockschaltbilder von VCPO-Schaltungen gemäß einem zweiten, einem dritten, einem vierten bzw. einem fünften Ausführungsbeispiel.

Fig. 10 zeigt eine perspektivische Ansicht einer VCPO-Schaltung gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel.

Fig. 11 zeigt eine perspektivische Ansicht einer VCPO-Schaltung gemäß einem achten Ausführungsbeispiel.

25 Fig. 12 zeigt eine Darstellung des Prinzips und des Aufbaus einer VCPO-Schaltung gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel.

Fig. 13 zeigt ein Blockschaltbild einer VCPO-Schaltung gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel.

Fig. 14 zeigt eine Darstellung einer Kapazitätsanordnung, die in dem neunten Ausführungsbeispiel eingegliedert ist und die Schalter enthält, die durch bipolare Transistoren gebildet sind.

30 Fig. 15 zeigt eine Darstellung der Kapazitätsanordnung, die in dem neunten Ausführungsbeispiel enthalten ist und Schalter aufweist, die durch MOS Transistoren gebildet sind.

Fig. 16 zeigt ein Blockschaltbild eines Frequenzeinstellsystems zum Einstellen der Mittenfrequenz der Schwingung für den Einsatz bei dem neunten Ausführungsbeispiel.

Fig. 17 bis 23 zeigen Blockschaltbilder von VCPO-Schaltungen gemäß einem zehnten, einem elften, einem zwölften, einem dreizehnten, einem vierzehnten, einem fünfzehnten bzw. einem sechzehnten Ausführungsbeispiel.

35 Fig. 24 zeigt eine Darstellung einer Kapazitätsdiode.

Fig. 25 zeigt eine Darstellung der nicht ausreichenden Justierbarkeit der Frequenzsteuereigenschaften, die sich ergibt, wenn sich die Justierung allein auf einer Kapazitätsanordnung zur Einstellung der Mittenfrequenz beruht.

Fig. 26 zeigt eine Darstellung der Grundlagen der Arbeitsweise der Kapazitätsanordnung zur Justierung der Frequenzsteuereigenschaften.

40 Fig. 27 zeigt eine Darstellung der Beziehung zwischen dem Bereich, in dem die Frequenzabweichung variabel ist, und der Lastkapazität CL der Schaltung, die beobachtet wird, wenn der Kapazitätswert Ck der Kapazitätsanordnung CKARY geändert wird.

Fig. 28 zeigt eine Darstellung eines praktischen Beispiels der Arbeitsweise bei der Justierung der Frequenzsteuereigenschaften und des Vorgangs zur Justierung der Mittenfrequenz.

45 Fig. 29 zeigt eine Darstellung eines weiteren praktischen Beispiels der Arbeitsweise bei der Justierung der Frequenzsteuereigenschaften und des Vorgangs der Justierung der Mittenfrequenz.

Fig. 30 zeigt eine Darstellung zur Erläuterung der Vorteile des neunten Ausführungsbeispiels.

Fig. 31 zeigt ein Blockschaltbild eines ersten Typs einer herkömmlichen VCPO-Schaltung.

Fig. 32 zeigt ein Blockschaltbild eines zweiten Typs einer herkömmlichen VCPO-Schaltung.

50 Fig. 33 zeigt ein Ersatzschaltbild des ersten Typs der herkömmlichen VCPO-Schaltung im Schwingungsmodus.

Fig. 34 zeigt eine Ersatzschaltung eines piezoelektrischen Schwingers.

Fig. 35 zeigt eine Darstellung der Art und Weise, wie verschiedene Kapazitäten bei dem ersten Typ der herkömmlichen Anordnung verbunden sind.

55 Fig. 36 zeigt eine Darstellung der Art und Weise, wie unterschiedliche Kapazitäten bei dem ersten Typ der herkömmlichen Anordnung verschaltet sind.

Fig. 37 zeigt eine graphische Darstellung der dfr-CL-Kennlinie in Abhängigkeit von der Position der Verbindung einer Trimmerkapazität mit einer Kapazitätsdiode.

Fig. 38 zeigt eine Darstellung der fosc/Vc-Kennlinie.

Fig. 39 zeigt ein Blockschaltbild eines herkömmlichen Frequenzeinstellsystems.

60

[1] Erstes Ausführungsbeispiel

[1.1] Konfiguration der VCPO-Schaltung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel

65

[1.1.1] Prinzip und grundlegender Aufbau der VCPO-Schaltung

Fig. 1 zeigt das Prinzip und den grundlegenden Aufbau einer VCPO-Schaltung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel.

Die allgemein mit **10** bezeichnete VCPO-Schaltung weist die folgenden Teile oder Komponenten auf: einen Ausgangsanschluß OUT, an dem ein Schwingungssignal Sosc abgegeben wird; einen Frequenzsteueranschluß VC, an den eine Steuerspannung Vc zum Variieren der Frequenz fosc des Schwingungssignals Sosc angelegt ist; einen Eingangswiderstand Ri, der einen mit dem Frequenzsteueranschluß VC verbundenen Anschluß umfaßt und der eine grobe (lose) Kopplung zwischen der Schwingungsstufe und einer nicht gezeigten Frequenzsteuerschaltung bewirkt, wenn die Schwingungssteuerschaltung durch einen Benutzer an den Frequenzsteueranschluß VC angeschlossen ist, wobei er unerwünschte Auswirkungen der Frequenzsteuerschaltung auf die Schwingungsstufe unterdrückt; einen piezoelektrischen Schwinger X, dessen eines Ende mit dem anderen Ende des Eingangswiderstands Ri verbunden ist; eine Diode Cv mit variablem Kapazitätswert (im folgenden als "Kapazitätsdiode" ("Varicap") bezeichnet), die eine Kathode aufweist, die an einen Verbindungspunkt zwischen dem Eingangswiderstand Ri und dem piezoelektrischen Schwinger X angeschlossen ist; und eine Kapazitätsanordnung CARY, die einen an die Anode der Kapazitätsdiode Cv angeschlossenen Anschluß aufweist, wobei der andere Anschluß der Kapazitätsanordnung mit GND verbunden ist und wobei die Kapazitätsanordnung CARY äquivalent zu einem einzelnen Kondensator ist, der einen gewünschten Kapazitätswert besitzt. Die Kapazitätsanordnung CARY fungiert als eine Kapazitätsanordnungseinheit, deren detaillierter Aufbau im weiteren Text erläutert wird.

Die VCPO-Schaltung umfaßt weiterhin die folgenden Teile oder Komponenten: einen Vorspannungswiderstand RX, dessen einer Anschluß an einen Verbindungspunkt zwischen der Kapazitätsdiode Cv und der Kapazitätsanordnung CARY angeschlossen ist und dessen anderer Anschluß mit GND verbunden ist; einen ersten Vorspannungswiderstand R1, dessen einer Anschluß mit VCC verbunden ist und dessen anderer Anschluß an das andere Ende des piezoelektrischen Schwingers X angeschlossen ist; einen zweiten Vorspannungswiderstand R2, dessen einer Anschluß mit einem Verbindungspunkt zwischen dem piezoelektrischen Schwinger X und dem ersten Vorspannungswiderstand R1 verbunden ist und dessen anderer Anschluß an GND angeschlossen ist; einen npn Transistor Q1, der eine mit einem Verbindungspunkt zwischen dem piezoelektrischen Schwinger X und dem ersten Vorspannungswiderstand R1 verbundene Basis enthält; und einen Kollektorwiderstand Rc, dessen einer Anschluß an VCC angeschlossen ist und dessen anderer Anschluß mit dem Kollektor des npn Transistors Q1 verbunden ist.

Die VCPO-Schaltung enthält weiterhin die folgenden Teile oder Komponenten: eine zum Sperren von Gleichspannung dienende Kapazität CCO, deren einer Anschluß mit einem Verbindungspunkt zwischen dem Kollektorwiderstand Rc und dem npn Transistor Q1 verbunden ist und deren anderer Anschluß an den Ausgangsanschluß OUT angeschlossen ist und die zum Beseitigen einer Gleichspannungskomponente in dem Schwingungssignal Sosc dient; einen Emittierwiderstand Re, dessen eines Ende mit dem Emittor des npn Transistors Q1 verbunden ist und dessen anderer Anschluß an GND angeschlossen ist; eine erste Schwingkapazität CO1, die einen Anschluß aufweist, der mit einem Verbindungspunkt zwischen der Basis des npn Transistors Q1 und dem piezoelektrischen Schwinger X verbunden ist, und deren anderer Anschluß an einen Verbindungspunkt zwischen dem Emittor des npn Transistors Q1 und dem Emittierwiderstand Re angeschlossen ist; und eine zweite Schwingkapazität CO2, die einen mit einem Verbindungspunkt zwischen dem Emittor des npn Transistors Q1 und dem Emittierwiderstand Re verbundenen Anschluß enthält und deren anderer Anschluß an GND angeschlossen ist.

[1.1.2] Konfiguration der Kapazitätsanordnung CARY

Die Kapazitätsanordnung CARY weist die folgenden Teile oder Komponenten auf: eine Basiskapazität C0, die als ein fest verschalteter Kondensator dient, der den minimal erforderlichen Kapazitätswert der Kapazitätsanordnung CARY bereitstellt und der einen Anschluß aufweist, der mit der Anode der Kapazitätsdiode Cv verbunden ist, wobei der andere Anschluß des Kondensators an GND angeschlossen ist; n Kapazitäten CX (X = 1 bis n), die als selektiv angeschlossene Kapazitäten zum Ändern des Kapazitätswerts der Kapazitätsanordnung CARY dienen; und Schalter SX (X = 1 bis n), die den selektiv anschließbaren Kapazitäten CX entsprechen und zum Verbinden der zugehörigen, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten CX mit der Basiskapazität C0 parallel hierzu dienen.

Die selektiv zuschaltbaren Kapazitäten C1 bis Cn können gleich große Kapazitätswerte aufweisen oder können unterschiedliche Kapazitätswerte besitzen. In dem letztgenannten Fall ist es bevorzugt, daß jede selektiv zuschaltbare Kapazität einen Kapazitätswert aufweist, der 2^X -mal so groß ist wie der vorbestimmte Basiskapazitätswert, damit ein breiter Bereich erzielt wird, in dem der Kapazitätswert der Kapazitätsanordnung variabel ist.

Wenn daher ein oder mehrere ausgewählte Schalter, z. B. die Schalter S1 bis S3 eingeschaltet werden, werden die entsprechenden Kapazitäten C1 bis C3 an die Basiskapazität C0 angeschlossen, so daß dann als Schaltungskapazitätswert der Kapazitätswert CL erzeugt wird, der durch die nachstehend angegebene Gleichung (4) ausgedrückt ist:

$$CL = \frac{1}{\frac{1}{C01} + \frac{1}{C02} + \frac{1}{(C1 + C2 + C3 + C0)} + \frac{1}{Cv}} \quad (4)$$

[1.1.3] Praktische Ausgestaltung der VCPO-Schaltung

Fig. 2 zeigt ein praktisches Ausführungsbeispiel für die Ausgestaltung der VCPO-Schaltung. In dieser Figur bezeichnen diejenigen Bezugszeichen, die die gleichen sind wie die in **Fig. 1** auftretenden Bezugszeichen, die gleichen Teile oder Komponenten wie bei dem in **Fig. 1** gezeigten grundlegenden Aufbau, und es wird die detaillierte Beschreibung von diesen Teilen oder Komponenten weggelassen.

Die in **Fig. 2** gezeigte praktische Ausgestaltung unterscheidet sich von der in **Fig. 1** dargestellten grundlegenden Konstruktion dahingehend, daß sie einen Speicher **21** und eine Steuerschaltung **22** enthält. Der Speicher **21** speichert Verbindungs-

5 dungssteuerdaten DCTL, die für die Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter S1 bis Sn der Kapazitätsanordnung CARY bei dem normalen Betrieb benutzt werden. Die Steuerschaltung 22 weist Einstelldateneingangsanschlüsse T1 bis T3 auf, die digitale Einstelldaten DADJ aufnehmen. Während der Justierung der Frequenz führt die Steuerschaltung 22 die Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter S1 bis Sn in Abhängigkeit von den Einstelldaten DADJ aus und veranlaßt
 10 den Speicher 21 nach dem Abschluß der Einstellung dazu, die Verbindungssteuerdaten DCTL zu speichern. Während des normalen Betriebs der Kapazitätsanordnung führt die Steuerschaltung 22 die Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter S1 bis Sn auf der Basis der Verbindungssteuerdaten DCTL aus. Der Speicher 21 und die Steuerschaltung 22 stellen in Kombination eine Steuerschaltung für die Kapazitätsanordnungseinheit dar.

10 Wenn die VCPO-Schaltung als ein integrierter Schaltkreis IC realisiert ist, können die Schalter S1 bis Sn abhängig von dem Halbleiterprozeß, der für die Herstellung benutzt wird, in verschiedenen Weisen ausgebildet sein, die nachstehend aufgelistet sind.

- (1) Wenn ein bipolarer Prozeß als der Halbleiterprozeß eingesetzt wird, sind die Schalter S1 bis Sn als bipolare Transistor aufgebaut, wie dies in Fig. 3 gezeigt ist.
- 15 (2) Wenn ein CMOS Prozeß als der Halbleiterprozeß benutzt wird, werden die Schalter S1 bis Sn als MOS Transistoren ausgebildet, wie dies in Fig. 4 gezeigt ist.
- (3) Ein Bi-CMOS Prozeß stellt eine Kombination aus einem bipolaren Prozeß und einem CMOS Prozeß dar und wird nun in breitem Umfang als Halbleiterprozeß zum Herstellen von ICs eingesetzt, die für einen Einsatz in dem Hochfrequenzbereich geeignet sind. Wenn der Bi-CMOS Prozeß eingesetzt wird, können die Schalter S1 bis Sn entweder als die in Fig. 3 gezeigten bipolaren Transistoren oder als die in Fig. 4 gezeigten MOS Transistoren ausgeführt werden.
- 20

Wenn eine Verringerung des Leistungsverbrauchs besonders wichtig ist, ist es bevorzugt, die Schalter S1 bis Sn durch MOS Transistoren zu bilden, die eingeschaltet werden können, ohne daß eine kontinuierliche Stromzufuhr erforderlich ist. Genauer gesagt, wird ein MOS Transistor, der ein spannungsgesteuertes Element darstellt, eingeschaltet, wenn an sein Gate eine Spannung mit einem Pegel angelegt ist, der ausreichend hoch zur Einschaltung dieses Transistors ist, ohne daß ein konstanter elektrischer Strom benötigt wird, der von dem Gate nach GND fließt. Im Unterschied hierzu ist es bei einem bipolaren Transistor erforderlich, daß ein ausreichender Strom zwischen der Basis und GND fließt, damit der Transistor einen kleinen Widerstandswert zeigt, wenn er ausgewählt und eingeschaltet ist.

30 Vorzugsweise wird der piezoelektrische Schwinger X durch einen Quarzschwinger gebildet, der sowohl in physikalischer als auch chemischer Hinsicht stabil ist und der vorteilhafterweise eine geringe Empfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen zeigt.

In diesem Fall kann der Speicher 21 durch einen nicht flüchtigen Halbleiterspeicher wie etwa durch ein EEPROM, ein EPROM, ein ROM des Schmelz- bzw. Durchbrenn-Typs oder dergleichen gebildet sein.

35 [1.2] Automatisches Einstellsystem zum Justieren der Mittenfrequenz f_0 der Schwingung

[1.2.1] Konfiguration des automatischen Einstellsystems zum Einstellen der Schwingfrequenz f_0

40 Fig. 5 zeigt ein Blockschaltbild, in dem der Aufbau eines automatischen Einstellsystems zum Justieren der Mittenfrequenz f_0 der VCPO-Schaltung dargestellt ist.

Das automatische Einstellsystem 30 weist eine Referenzspannungs-Anlegeeinheit 31 und eine Einstelleinheit 32 auf. Die Anlegeeinheit 31 legt an den Frequenzsteueranschluß VC eine kalibrierte Referenzsteuerspannung VCREF an, die einer vorbestimmten Referenzmittenfrequenz foREF entspricht. Die Einstelleinheit 32 ist an den Ausgangsanschluß OUT der VCPO-Schaltung 10A angeschlossen und erfaßt die Frequenz fosc, die auch als eine "Mittenfrequenz f_0 " des Schwingungssignals Sosc bezeichnet wird, das an dem Ausgangsanschluß OUT abgegeben wird, wenn die kalibrierte Referenzsteuerspannung VCREF an den Frequenzsteueranschluß VC angelegt ist. Die Einstelleinheit 32 vergleicht die erfaßte Frequenz fosc mit der Referenzfrequenz foREF und erzeugt auf der Grundlage des Ergebnisses des Vergleichs die digitalen Einstelldaten DADJ, die bei der Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter in der Kapazitätsanordnung CARY zu benutzen sind. Die Einstelleinheit 32 gibt die Einstelldaten DADJ an die VCPO-Schaltung 10A über die für die Einstellsteuerdaten vorgesehenen Eingangsanschlüsse T1 bis T3 ab. Die Einstelleinheit 32 kann beispielsweise durch einen Personal Computer PC gebildet sein.

[1.2.2] Betrieb bei dem Einstellmodus

55 Nachfolgend wird der Betriebsablauf erläutert, der von dem automatischen Einstellsystem 30 zum Einstellen der Frequenz fosc des Schwingungssignals Sosc ausgeführt wird, das an dem Ausgangsanschluß OUT abgegeben wird.

Die Anlegeeinheit 31 legt an den Frequenzsteueranschluß VC die kalibrierte Referenzsteuerspannung VCREF an, die der vorbestimmten Referenzmittenfrequenz foREF entspricht. Gleichzeitig mit dem Anlegen der Referenzsteuerspannung VCREF erfaßt die Einstelleinheit 32 die Mittenfrequenz f_0 entsprechende Frequenz fosc des Schwingungssignals Sosc, das an dem Ausgangsanschluß OUT abgegeben wird.

60 Die Einstelleinheit 32 vergleicht dann die erfaßte Frequenz fosc mit der Referenzmittenfrequenz foREF, die der Referenzsteuerspannung VCREF entspricht.

Anschließend wird eine Berechnung in Übereinstimmung mit der Gleichung (4) ausgeführt, um hierdurch die Lastkapazität CL der Schwingungsschaltung zu ermitteln, derart, daß die Differenz zwischen der Referenzfrequenz foREF und der Frequenz fosc im wesentlichen auf Null gebracht wird, wodurch die Einstelldaten DADJ erhalten werden, die bei der Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter in der Kapazitätsanordnung CARY zu verwenden sind. Die Einstelldaten DADJ werden an die VCPO-Schaltung 10A über die Eingangsanschlüsse T1 bis T3 angelegt. Die Steuerschaltung 22 der

VCPO-Schaltung 10A führt die Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter S1 bis Sn der Kapazitätsanordnung CARY auf der Grundlage der Einstelldaten DADJ aus, die sie über die Einstellsteuerdaten bzw. Eingangsanschlüsse T1 bis T3 empfängt.

Die Einstelleinheit 32 erfaßt wiederum die Frequenz fosc, d. h. die Mittenfrequenz fo des Schwingungssignals Sosc, das an dem Ausgangsanschluß OUT abgegeben wird. Die Einstelleinheit 32 vergleicht dann die erfaßte Frequenz fosc mit der vorbestimmten Referenzmittenfrequenz foREF, die der Referenzsteuerspannung VCREF entspricht, und wiederholt die beschriebenen Schritte so lange, bis die Differenz zwischen der Frequenz fosc und der Referenzmittenfrequenz foREF im wesentlichen auf Null gebracht ist.

Die Einstelldaten DADJ werden ohne Änderung für eine Zeitspanne beibehalten, die nicht kürzer ist als eine vorbestimmte Periode, wenn die Frequenz fosc im wesentlichen gleich groß ist wie die vorbestimmte Referenzmittenfrequenz foREF.

Das Halten der Einstelldaten DADJ wird von der Steuerschaltung 22 als ein Zeichen dafür erkannt, daß die automatische Justierung der Frequenz fo beendet ist. Die Steuerschaltung 22 steuert dann den Speicher 21 zur Speicherung der Verbindungssteuerdaten DCTL entsprechend den Einstelldaten DADJ, die bei der Beendigung der Justierung erhalten worden sind.

Der Speicher 21 hält die Verbindungssteuerdaten DCTL so lange, bis die Daten von der Steuerschaltung 22 wieder aktualisiert werden.

Bei dem beschriebenen Ablauf erfaßt die Steuerschaltung 22 selbst die Beendigung der automatischen Einstellung und veranlaßt den Speicher 21 dazu, die Verbindungssteuerdaten DCTL zu speichern, die den Einstelldaten DADJ entsprechen, die bei der Beendigung der Einstellung erhalten worden sind. Dieser Sachverhalt dient allerdings lediglich der Erläuterung, und es kann die Ausgestaltung derart getroffen sein, daß in den Einstelldaten DADJ eine Information enthalten ist, die den Abschluß der Einstellung angibt, und daß solche Einstelldaten DADJ von der Einstelleinheit 32 zu der Steuerschaltung 22 gespeist werden, so daß die Steuerschaltung 22 bei Empfang der Daten derart arbeitet, daß sie den Speicher 21 dazu veranlaßt, die Verbindungssteuerdaten DCTL zu speichern, die den Einstelldaten DADJ entsprechen.

[1.3] Betrieb der VCPO-Schaltung im normalen Schwingungsmodus

Nachfolgend wird der normale Schwingungsbetrieb der VCPO-Schaltung 10A unter spezieller Bezugnahme auf Fig. 2 erläutert.

Wenn die Spannungsversorgung eingeschaltet wird, arbeitet die Steuerschaltung 22 der VCPO-Schaltung 10A derart, daß sie alle Schalter S1 bis Sn der Kapazitätsanordnung CARY zeitweilig einschaltet (schließt). Dieser Ablauf zielt darauf ab, einen schnellen Stromfluß von elektrischem Strom von VCC zu GND zu erlauben, um hierdurch rasch Vibrationsenergie zu dem piezoelektrischen Schwinger zu speisen, um hierdurch schnell die Frequenz fosc des Schwingungssignals Sosc zu erhalten, das an dem Ausgangsanschluß OUT der VCPO-Schaltung 10A abgegeben wird. Wenn eine derartige rasche Einstellung der Frequenz fosc nicht erforderlich ist, ist dann ein solches zeitweiliges Schließen von allen Schaltern S1 bis Sn der Kapazitätsanordnung CARY als Reaktion auf die Einschaltung der Spannungsversorgung nicht notwendig.

Nach dem Ablauf eines vorbestimmten Zeitintervalls liest die Steuerschaltung 22 die Steuerdaten DCTL aus dem Speicher 21 aus und schaltet lediglich den oder die Schalter SX ein, die den Verbindungssteuerdaten DCTL entsprechen, während sie die anderen Schalter abgeschaltet (offen) hält. Demzufolge wird ein Schwingungssignal Sosc an dem Ausgangsanschluß OUT abgegriffen, das die Frequenz fosc entsprechend der Steuerspannung Vc aufweist und die Mittenfrequenz fo besitzt.

[1.4] Vorteile des ersten Ausführungsbeispiels

- (1) Es wird ein breiter Bereich gewährleistet, in dem die Mittenfrequenz fo einstellbar ist, so daß die Einstellung der Frequenz auf die gewünschte Mittenfrequenz fo nach der Montage der VCPO-Schaltung noch einfacher als im Fall der vorstehend erläuterten zweiten herkömmlichen Ausgestaltung erzielt werden kann, und zwar unabhängig von irgendwelchen Schwankungen in den Eigenschaften des piezoelektrischen Schwingers. Dies erlaubt die Vorgabe von weniger strengen Spezifikationen bei der Herstellung der piezoelektrischen Schwinger, was zu einer Verringerung der Kosten der piezoelektrischen Schwinger und demzufolge zu einer Reduzierung der Kosten für die Herstellung der gesamten Einheit der VCPO-Schaltung beiträgt. Zusätzlich ist es einfach, den erforderlichen Bereich für die Frequenzänderung zu gewährleisten, der von der Kapazitätsdiode hervorgerufen wird, was ebenfalls dazu beiträgt, die Einstellung der Frequenz zu erleichtern. Ferner ändert sich die fosc-Vc-Charakteristik nicht wesentlich in Abhängigkeit von den eingestellten Werten bzw. Sollwerten der Kapazität der Kapazitätsanordnung CARY. Aus diesen Gründen kann eine VCPO-Schaltung mit gewünschten Eigenschaften in einfacher Weise erhalten werden.
- (2) Der Einsatz der Kapazitätsanordnung CARY ermöglicht es, daß die VCPO-Schaltung ohne Erfordernis irgendeines Trimmerkondensators realisiert werden kann. Demzufolge ist die Anzahl von extern angeschlossenen Teilen um Eins verringert, so daß die Montagekosten reduziert sind.
- (3) Die Kosten der VCPO-Schaltung können aufgrund des Einsatzes einer kostengünstigen Kapazitätsanordnung anstelle eines teureren Trimmerkondensators verringert werden.
- (4) Es besteht eine praktische Grenze bei der Verringerung der Größe von herkömmlichen VCPO-Schaltungen, die mit Trimmerkondensatoren ausgestattet sind, da der Trimmer einen mechanischen Abschnitt umfaßt. Im Gegensatz hierzu kann die Kapazitätsanordnung CARY in einem IC-Chip untergebracht werden. Dies erlaubt vorteilhafterweise eine Verringerung der Größe der VCPO-Schaltung.
- (5) Die VCPO-Schaltung gemäß diesem Ausführungsbeispiel, die mit der Kapazitätsanordnung CARY ausgestattet ist, ist im Hinblick auf alterungsbedingte Änderung und sicheren Betrieb stabil, und zwar im Vergleich mit

VCPO-Schaltungen, die mit Trimmerkondensatoren arbeiten. Es ist daher möglich, einen höheren Grad an betrieblicher Stabilität des piezoelektrischen Schwingkreises zu erzielen.

- (6) Die Einstellung der Mittenfrequenz kann in rein elektrischer Weise auf der Basis der Einstelldaten DADJ erzielt werden, die digitale Daten darstellen. Hierdurch wird die Notwendigkeit einer mechanischen Justierung beseitigt, die bei den herkömmlichen Ausgestaltungen erforderlich ist. Dies verringert den Zeitbedarf, der für die Justierung der Mittenfrequenz erforderlich ist, was zu einer Verringerung der Kosten bei der Herstellung der VCPO-Schaltung führt.

- Ferner können die Investitionen für die Installation der Fabrikationsanlage verringert werden, was an der Eliminierung des Servomechanismus liegt, der bei der herkömmlichen Ausgestaltung zum Zwecke der Justierung des Trimmerkondensators erforderlich ist und der kompliziert und teuer ist.

[1.5] Abänderungen des ersten Ausführungsbeispiels

- Bei dem ersten, vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel sind der piezoelektrische Schwinger X und die Kapazitätsdiode Cv als diskrete Teile aufgebaut. Dies ist jedoch keine ausschließliche Möglichkeit, vielmehr kann die Ausgestaltung auch derart getroffen sein, daß der piezoelektrische Schwinger X und die Kapazitätsdiode Cv in Reihe geschaltet und mittels Harz abgedichtet oder in einem einzigen Gehäuse untergebracht sind, so daß der Montageprozeß bei dem Zusammenbau der VCPO-Schaltung vereinfacht werden kann.

- Auch wenn bei dem vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel die Basiskapazität C0 als ein Teil der Kapazitätsanordnung CARY enthalten ist, kann die Basiskapazität C0 aus der Kapazitätsanordnung CARY herausgenommen sein: Es kann somit eine Kapazitätsanordnung CARY' aus den Kapazitäten C1 bis Cn und den Schaltern S1 bis Sn gebildet sein, ohne daß die Basiskapazität vorgesehen ist. Eine solche Kapazitätsanordnung CARY' kann mit dem Speicher 21 und der Steuerschaltung 22 integriert ausgebildet sein, um hierdurch einen integrierten Schaltkreis IC zu bilden, der an dem Schwingkreis als eine externe Komponente angebracht wird.

- Die Ausgestaltung kann auch derart getroffen sein, daß die Kapazitätsanordnung CARY oder CARY' für sich allein als eine integrierte Schaltung IC ausgebildet ist, die eine externe, mit dem Schwingkreis zu verbindende Komponente bildet. Eine solche Ausgestaltung ermöglicht es, VCPO-Schaltungen zu entwerfen und zu bilden, die eine breite Vielfalt von fosc-Vc-Kennlinien aufweisen, indem einfach eine neue Kapazitätsanordnung CARY' bereitgestellt wird.

- Bei dem ersten, vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel sind die Schalter S1 bis Sn der Kapazitätsanordnung CARY durch Transistoren gebildet. Jedoch können diese Schalter auch durch Schmelz- bzw. Sicherungsschalter gebildet sein, falls die Erfordernisse hinsichtlich der Genauigkeit der Frequenz nicht so streng sind. In einem solchen Fall werden Schalter, die als Ergebnis der Einstellung der Frequenz nicht geschlossen werden sollen, permanent geöffnet gehalten, nachdem die Einstellung abgeschlossen ist.

[2] Zweites Ausführungsbeispiel

- Fig. 6 zeigt das Prinzip und den grundlegenden Aufbau einer VCPO-Schaltung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

- Die VCPO-Schaltung ist mit 10B bezeichnet und unterscheidet sich von der VCPO-Schaltung 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel im Hinblick darauf, daß eine Pufferschaltung 40 in der Ausgangsstufe des Schwingkreises vorgesehen ist, um hierdurch eine Kaskodenschaltung zu bilden, die weniger anfällig gegenüber Beeinflussungen durch die Last ist, die an den Ausgangsanschluß OUT des Schwingkreises angeschlossen ist. Eine Kapazitätsanordnung CARY, die die gleiche Ausgestaltung wie die bei dem ersten Ausführungsbeispiel benutzte Kapazitätsanordnung aufweisen kann, ist an diese Kaskodenschaltungsschaltung angeschlossen.

- Dieses Ausführungsbeispiel bietet die gleichen Vorteile wie die von dem ersten Ausführungsbeispiel erzielten Vorteile. Zusätzlich können die Hochfrequenzeigenschaften des Schwingkreises gegenüber denjenigen bei dem ersten Ausführungsbeispiel verbessert werden.

[3] Drittes Ausführungsbeispiel

- Fig. 7 zeigt das Prinzip und den grundlegenden Aufbau einer VCPO-Schaltung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

- Die VCPO-Schaltung ist mit 10C bezeichnet und unterscheidet sich von der VCPO-Schaltung 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel im Hinblick darauf, daß ein erster Spannungsteilerwiderstand R6 zwischen den Steuerspannungseingangsanschluß VC und den piezoelektrischen Schwinger X geschaltet ist, und daß ein zweiter Spannungsteilerwiderstand R7 vorgesehen ist, dessen einer Anschluß an einen Verbindungspunkt zwischen dem ersten Spannungsteilerwiderstand R6 und dem piezoelektrischen Schwinger X angeschlossen ist und dessen anderer Anschluß mit GND verbunden ist. Die Widerstandswerte des ersten und des zweiten Spannungsteilerwiderstands R6 und R7 sind geeignet so gewählt, daß eine Steuerung der aktuellen Steuerspannung Vc' möglich ist, die den aktuellen Wert der Steuerspannung Vc darstellt, die an den Steuerspannungsanschluß VC angeschlossen ist. Hierdurch ist es möglich, eine Änderung des Bereichs, in dem die Frequenz einstellbar ist, zu erreichen.

- Es wird hier beispielsweise angenommen, daß der Widerstandswert des zweiten Spannungsteilerwiderstands R7 unendlich (∞) ist, d. h., daß der zweite Spannungsteilerwiderstand R7 abgetrennt ist. In einem solchen Fall wird die tatsächlich angelegte Steuerspannung Vc' gleich Vc: Es wird somit die folgende Bedingung erfüllt: Vc' = Vc. Es wird weiterhin angenommen, daß die Frequenz in diesem Zustand in dem Bereich von ± 200 ppm ($\pm 0,02\%$) variabel ist.

- Falls der Widerstandswert des zweiten Potential- bzw. Spannungsteilerwiderstands R7 so festgelegt ist, daß er gleich groß ist wie derjenige des ersten Spannungsteilerwiderstands R6, d. h., daß die Bedingung $R7 = R6$ erfüllt ist, läßt sich

die tatsächlich angelegte Steuerspannung V_C' im Hinblick auf die Steuerspannung V_C wie folgt ausdrücken: $V_C' = 1/2 V_C$. Demgemäß ist derjenige Bereich, in dem die Frequenz variabel ist, so festgelegt, daß er gleich ± 100 ppm ist.

Das dritte Ausführungsbeispiel bietet folglich den Vorteil, eine Variation des Bereiches der fosc- V_C -Charakteristik zu schaffen, und zwar zusätzlich zu den Vorteilen, die von dem ersten Ausführungsbeispiel geboten werden.

[4] Viertes Ausführungsbeispiel

Fig. 8 zeigt das Prinzip und den grundlegenden Aufbau einer in Übereinstimmung mit dem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung stehenden VCPO-Schaltung.

Die VCPO-Schaltung ist mit 10D bezeichnet und unterscheidet sich von der VCPO-Schaltung **10** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel im Hinblick darauf, daß der Schwingkreis als ein CMOS-Schwingkreis ausgebildet ist, der eine Schwingungsstufe enthält, die durch einen CMOS Invertierer INV gebildet ist. Eine Kapazitätsanordnung CARY, die die gleiche wie diejenige bei dem ersten Ausführungsbeispiel sein kann, ist an diesen CMOS-Schwingkreis angeschlossen.

Damit sind Vorteile, die mit diejenigen bei dem ersten Ausführungsbeispiel gleichartig sind, auch bei dem Einsatz des CMOS-Schwingkreises erzielbar. Zusätzlich kann eine weitere Verringerung der Leistungsaufnahme erreicht werden, da die Schalter S1 bis Sn ebenfalls durch CMOS Elemente gebildet sind.

[5] Fünftes Ausführungsbeispiel

In jedem der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele ist die Kapazitätsanordnung CARY durch n Teile von Kapazitäten CX ($X = 1$ bis n) gebildet, die als selektiv zuschaltbare Kapazitäten zum Ändern des Kapazitätswerts der Kapazitätsanordnung CARY dienen. Im Unterschied hierzu ist bei dem in **Fig. 9** gezeigten fünften Ausführungsbeispiel jede Kapazität CX der Anordnung CARY durch eine Mehrzahl von Teilkapazitäten gebildet, die eine Basisteilkapazität CX0 enthalten. Damit weist jede Kapazität CX Teilkapazitäten CX0 und CX1 bis CXm auf (m bezeichnet eine natürliche Zahl). Die Teilkapazitäten CX1 bis CXm sind so ausgelegt, daß sie mit der Schaltung verbunden und von dieser abgetrennt werden können, und zwar mittels zugeordneter Teilschalter SX1 bis SXm, wodurch die Teilkapazitäten CX1 bis CXm selektiv gekoppelt werden. Hierdurch ist eine Justierung des Kapazitätswerts der Kapazitätsanordnung CARY erreichbar. Es ist demzufolge möglich, eine noch feinere Einstellung des Kapazitätswerts zu erzielen.

[6] Sechstes Ausführungsbeispiel

In jedem der vorstehend erläuterten Ausführungsbeispiele sind die Kapazitätsdiode Cv und die Kapazitätsanordnung CARY in Reihe miteinander geschaltet. Bei der Erfindung ist jedoch eine derartige Ausgestaltung nicht ausgeschlossen, bei der die Kapazitätsanordnung CARY mit der Kapazitätsdiode Cv parallel geschaltet ist, wie dies bei dem vorstehend beschriebenen zweiten Typ der bekannten Anordnung der Fall ist.

Mit einer solchen Ausgestaltung werden die Punkte (2) bis (6) der vorstehend beschriebenen Vorteile des ersten Ausführungsbeispiels erzielt.

[7] Siebtes Ausführungsbeispiel

Fig. 10 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer VCPO-Schaltung, die in Übereinstimmung mit einem siebten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ausgelegt ist.

Bei den vorstehend erläuterten Ausführungsbeispielen stellen sich keine speziellen Beschränkungen im Hinblick auf den Zustand der Verpackung der Elemente, die die VCPO-Schaltung bilden. Bei dem siebten Ausführungsbeispiel sind die Komponenten mit Ausnahme des piezoelektrischen Schwingers X und der Kapazitätsdiode Cv als eine als Einzelchip ausgelegte integrierte Schaltung **51** ausgebildet, die gemeinsam mit dem piezoelektrischen Schwinger X und der Kapazitätsdiode Cv mit Harz versiegelt ist.

Dieser Aufbau wird als Folge der Sachverhalte ermöglicht, daß die Einstellung der Kapazitätsanordnung CARY in elektrischer Weise ausgeführt werden kann, und daß ein breiter Bereich für die Einstellung der Mittenfrequenz f_0 , die von der Kapazitätsanordnung CARY ausgeführt wird, bereitgestellt ist. Es können nämlich Abweichungen oder Schwankungen der Eigenschaften des piezoelektrischen Schwingers und der Kapazitätsdiode Cv als Ergebnis der Einstellung leicht berücksichtigt bzw. kompensiert werden, so daß die gewünschte Mittenfrequenz f_0 ohne Schwierigkeiten erreicht werden kann, und zwar trotz Einbettens der als Einzelchip ausgeführten integrierten Schaltung gemeinsam mit dem piezoelektrischen Schwinger X und der Kapazitätsdiode Cv in Harz.

Es ist damit möglich, die Anzahl von Schritten bei dem Montagevorgang zu verringern, und auch die Produktionskosten zu verkleinern, was durch die Verringerung der Anzahl von diskreten Teilen erreicht wird.

[8] Achtes Ausführungsbeispiel

Fig. 11 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Beispiels einer VCPO-Schaltung, die in Übereinstimmung mit einem achten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ausgelegt ist.

Während die als Einzelchip ausgelegte integrierte Schaltung **51** bei dem siebten Ausführungsbeispiel durch alle Komponenten mit Ausnahme des piezoelektrischen Schwingers X und der Kapazitätsdiode Cv gebildet ist und diese zusammen mit dem piezoelektrischen Schwinger X und der Kapazitätsdiode Cv mit Harz umgossen ist, wird bei dem achten Ausführungsbeispiel ein als Einzelchip ausgebildeter integrierter Schaltkreis **52** eingesetzt, in dem alle Komponenten mit Ausnahme des piezoelektrischen Schwingers X eingebettet sind. Folglich enthält der als Einzelchip ausgebildete integrierte Schaltkreis **52** gemäß dem achten Ausführungsbeispiel die Kapazitätsdiode Cv und ist zusammen mit dem piezoelektrischen Schwinger X in Harz bzw. Gußmasse eingebettet.

Das achte Ausführungsbeispiel trägt somit zu einer Verringerung der Anzahl von diskreten Teilen bei, was zu einer Reduzierung der Anzahl von Schritten bei dem Herstellungsvorgang und folglich zu der Reduzierung der Herstellungskosten führt.

5

[9] Neuntes Ausführungsbeispiel

[9.1] Ausgestaltung der VCPO-Schaltung gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel

[9.1. 1] Prinzip und Aufbau der VCPO-Schaltung

10

Fig. 12 zeigt das Prinzip und den grundlegenden Aufbau einer in Übereinstimmung mit dem neunten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ausgelegten VCPO-Schaltung. In Fig. 12 sind mit Bezugszeichen, die die gleichen Bezugszeichen wie die in Fig. 1 auftretenden Bezugszeichen sind, die gleichen Teile oder Komponenten wie diejenigen bezeichnet, die bei dem ersten, in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel enthalten sind, wobei die detaillierte Beschreibung von diesen Teilen oder Komponenten hier weggelassen wird.

15

Die VCPO-Schaltung ist mit 10E bezeichnet und unterscheidet sich von der VCPO-Schaltung 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel im Hinblick darauf, daß sie mit einer zusätzlichen Kapazitätsanordnung CKARY zum Einstellen der Frequenzsteuereigenschaften ausgestattet ist. Die zusätzliche Kapazitätsanordnung CKARY ist parallel zu der Kapazitätsdiode Cv und der Kapazitätsanordnung CARY geschaltet und übt eine Funktion aus, die äquivalent ist zu derjenigen einer einzelnen Kapazität, die einen gewünschten Kapazitätswert aufweist. Hierdurch ist es möglich, die Frequenzsteuereigenschaften (fosc-Vc-Kennlinie) zu justieren, d. h. den Gradienten einer Kurve einzustellen, die die Frequenzabweichung mit Bezug zu der Steuerspannung darstellt.

20

Die zusätzliche, zum Justieren der Frequenzsteuereigenschaften dienende Kapazitätsanordnung CKARY wird aus den nachstehend angegebenen Gründen eingesetzt. Bei jedem der vorstehend beschriebenen ersten bis achten Ausführungsbeispiele ist die VCPO-Schaltung mit der Kapazitätsanordnung CARY zum Ermöglichen einer Einstellung der Mittenfrequenz ausgestattet. Eine solche VCPO-Schaltung kann in der Form einer integrierten Schaltung ausgeführt sein, die eine im Handel erhältliche Kapazitätsdiode Cv enthält. In manchen Fällen ist es nicht einfach, gewünschte Frequenzsteuereigenschaften mit einer solchen VCPO-Schaltung zu erzielen.

25

Fig. 24 zeigt die Änderung des Kapazitätswerts einer im Handel erhältlichen Kapazitätsdiode in Abhängigkeit von der Steuerspannung Vc. Fig. 25 zeigt die Beziehung zwischen der Steuerspannung Vc und der Frequenzabweichung d_{fosc}, die beobachtet wird, wenn der Kapazitätswert der Kapazitätsanordnung CARY unter Einsatz der vorstehend beschriebenen, im Handel erhältlichen Kapazitätsdiode variiert wird.

30

Wie aus Fig. 25 ersichtlich ist, ändern sich dann, wenn der Bereich, in dem der Kapazitätswert CT der Kapazitätsanordnung CARY variabel ist, auf den Bereich von 10 bis 100 pF eingestellt ist, die Frequenzsteuereigenschaften als Reaktion auf eine Änderung des Kapazitätswerts CT von 10 pF auf 100 pF um einen Wert, der in der Größenordnung von 50 ppm liegt.

35

Folglich ist der Unterschied zwischen den Frequenzsteuereigenschaften, die erhalten werden, wenn der Kapazitätswert CT auf 50 pF eingestellt ist, und den Frequenzsteuereigenschaften, die erhalten werden, wenn der Kapazitätswert CT auf 100 pF eingestellt ist, nicht sehr erheblich. Es ist daher nicht sehr vernünftig, daß allein die Kapazitätsanordnung CARY für die Einstellung der Frequenzsteuereigenschaften zuständig ist. Von diesem Standpunkt aus gesehen, ist das neunte Ausführungsbeispiel mit der Kapazitätsanordnung CKARY zum Einstellen der Frequenzsteuereigenschaften zusätzlich zu der Kapazitätsanordnung CARY ausgestattet, die für die Einstellung der Mittenfrequenz vorgesehen ist.

[9. 1.2] Konfiguration der Kapazitätsanordnung CKARY

45

Die Kapazitätsanordnung CKARY weist n Kapazitäten CKX (X reicht von 1 bis n) und zugeordnete Schalter SKX auf (X reicht von 1 bis n). Jede der Kapazitäten CKX weist einen Anschluß auf, der an die Kathode der Kapazitätsdiode Cv anschließbar ist, während der andere Anschluß jeder Kapazität mit GND verbunden ist. Jede Kapazität CKX fungiert als eine selektiv zuschaltbare Kapazität, die dazu dient, den Kapazitätswert der Kapazitätsanordnung CKARY zu variieren. Durch die Schalter SKX werden die zugehörigen Kapazitäten CKX selektiv mit der Kapazitätsdiode Cv und der Basis-

50

kapazität CO der Kondensatoranordnung CARY verbunden. Die Kapazitäten CK1 bis CKn können die gleichen Kapazitätswerte aufweisen, können aber auch unterschiedliche Kapazitätswerte besitzen. In dem letztgenannten Fall ist es bevorzugt, daß der Kapazitätswert jeder Kapazität CKX so festgelegt ist, daß er 2^X-mal so groß ist wie der vorab festgelegte Basiskapazitätswert, um hiermit zu erreichen, daß der Kapazitätswert der Kapazitätsanordnung CKARY über einen breiten Bereich hinweg justiert werden kann.

55

Wenn z. B. die Schalter SK1 bis SK3 eingeschaltet sind, sind als Folge hiervon die Kapazitäten CK1 bis CK3 an die Kapazitätsdiode Cv und die Basiskapazität CO parallel zu diesen angeschlossen, so daß der Kapazitätswert CL der Schaltungsbelastung durch die nachstehend angegebene Gleichung (5) ausgedrückt wird, bei der CT den Kapazitätswert der Kapazitätsanordnung CARY bezeichnet, während Ck den Kapazitätswert der zusätzlichen Kapazitätsanordnung CKARY repräsentiert:

60

$$CL = \frac{1}{\frac{1}{C_{O1}} + \frac{1}{C_{O2}} + \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{C_v} + \frac{1}{CT}} + C_k}} \quad (5)$$

65

Der Kapazitätswert C_k läßt sich in folgender Weise darstellen:

$$C_k = C_{K1} + C_{K2} + C_{K3}.$$

Der Kapazitätswert C_L der Schaltungsbelastung läßt sich daher durch die nachstehend angegebene Gleichung (6) ausdrücken:

$$C_L = \frac{1}{\frac{1}{C_{O1}} + \frac{1}{C_{O2}} + \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{C_v} + \frac{1}{C_T}} + (C_{K1} + C_{K2} + C_{K3})}} \quad (6)$$

Wie aus **Fig. 26** ersichtlich ist, in der die Werte des Kapazitätswerts C_L der Schaltungsbelastung in Relation mit der Steuerspannung V_c dargestellt sind, kann die den Kapazitätswert der Schaltungsbelastung darstellende Kurve folglich translatorisch durch Variieren des Kapazitätswerts C_k der Kapazitätsanordnung $CKARY$ verschoben werden, so daß es möglich ist, den gewünschten Wert für den Kapazitätswert C_L der Schaltungsbelastung zu erreichen.

[9.1.3] Praktische Ausgestaltung der VCPO-Schaltung

Fig. 13 zeigt eine praktische Ausgestaltung der VCPO-Schaltung, allerdings lediglich als ein Beispiel. In dieser Figur sind mit Bezugszeichen, die die gleichen Bezugszeichen wie die in **Fig. 12** auftretenden Bezugszeichen sind, die gleichen Teile oder Komponenten wie die bei der in **Fig. 12** gezeigten Anordnung verwendeten Teile oder Komponenten bezeichnet, wobei eine detaillierte Beschreibung im Hinblick auf diese Teile oder Komponenten hier entfällt. Die praktische Ausgestaltung gemäß **Fig. 13** unterscheidet sich von der in **Fig. 12** dargestellten basismäßigen Ausgestaltung dahingehend, daß sie mit einem Speicher **21'** und einer Steuerschaltung **22'** ausgestattet ist. Der Speicher **21** (**21'**) speichert Verbindungssteuerdaten $DCTL$, die bei der Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter S_1 bis S_n in der Kapazitätsanordnung $CARY$ und der Schalter SK_1 bis SK_n der Kapazitätsanordnung $CKARY$ während des normalen Betriebs des Schwingkreises zu benutzen sind. Die Steuerschaltung **22'** weist Einstellsteuerdateneingangsanschlüsse T_1 bis T_3 auf, an die während des Einstellvorgangs Einstelldaten $DADJ$ angelegt werden. Die Steuerschaltung **22'** führt die Einschalt/Ausschaltsteuerung bezüglich der Schalter S_1 bis S_n der Kapazitätsanordnung $CARY$ und der Schalter SK_1 bis SK_n der Kapazitätsanordnung $CKARY$ in Übereinstimmung mit den Einstelldaten $DADJ$ aus, die über die Eingangsanschlüsse T_1 bis T_3 empfangen werden. Wenn der Einstellvorgang abgeschlossen ist, steuert die Steuerschaltung **22'** den Speicher **21'** zur Speicherung der Verbindungssteuerdaten $DCTL$. Während des normalen Betriebs der VCPO-Schaltung dient die Steuerschaltung **22'** zur Ausführung der Einschalt/Ausschaltsteuerung bezüglich der Schalter S_1 bis S_n der Kapazitätsanordnung $CARY$ und der Schalter SK_1 bis SK_n der Kapazitätsanordnung $CKARY$ in Übereinstimmung mit den Verbindungssteuerdaten $DCTL$, die in dem Speicher **21'** gespeichert sind.

Der Speicher **21'** und die Steuerschaltung **22'** bilden in Kombination eine Steuerschaltung für die Kapazitätsanordnungseinheit.

Wenn die VCPO-Schaltung als eine integrierte Schaltung ausgeführt ist, können die Schalter SK_1 bis SK_n abhängig von dem Halbleiterprozeß, der bei der Herstellung benutzen wird, in verschiedenen Weisen ausgebildet sein, die nachstehend aufgelistet sind.

- (1) Wenn ein bipolarer Prozeß als der Halbleiterprozeß benutzt wird, werden die Schalter SK_1 bis SK_n als bipolare Transistor aufgebaut, wie dies in **Fig. 14** gezeigt ist.
- (2) Wenn ein CMOS Prozeß als der Halbleiterprozeß eingesetzt wird, werden die Schalter SK_1 bis SK_n als MOS Transistoren ausgebildet, wie dies in **Fig. 15** gezeigt ist.
- (3) Ein Bi-CMOS Prozeß ist eine Kombination aus einem bipolaren Prozeß und einem CMOS Prozeß und wird derzeit in breitem Umfang als Halbleiterprozeß zum Herstellen von ICs verwendet, die für den Einsatz im Hochfrequenzbereich geeignet sind. Wenn der Bi-CMOS Prozeß eingesetzt wird, können die Schalter SK_1 bis SK_n entweder als bipolare Transistoren, wie in **Fig. 14** gezeigt, oder als MOS Transistoren, wie in **Fig. 15** gezeigt, ausgeführt werden.

Wenn eine Verringerung des Leistungsverbrauchs besonders wichtig ist, ist es bevorzugt, daß die Schalter SK_1 bis SK_n durch MOS Transistoren gebildet sind, die eingeschaltet werden können, ohne eine kontinuierliche Stromzufuhr zu erfordern, wie dies bereits vorstehend in Verbindung mit dem ersten Ausführungsbeispiel erläutert ist.

[9.2] Automatisches Einstellsystem zum Einstellen der Mittenfrequenz f_o

[9.2.1] Konfiguration des automatischen Einstellsystems zum Justieren der Mittenfrequenz f_o

Fig. 16 zeigt ein Blockschaltbild, in dem der Aufbau eines automatischen Einstellsystems zum Einstellen der Mittenfrequenz f_o der VCPO-Schaltung dargestellt ist.

Das automatische Einstellsystem **30A** weist eine Anlegeeinheit **31** und eine Einstelleinheit **32** auf. Die Anlegeeinheit **31** legt eine kalibrierte Referenzsteuerspannung V_{CREF} , die einer vorbestimmten Referenzmittenfrequenz f_{oREF} entspricht, an den Frequenzsteueranschluß VC an. Die Einstelleinheit **31** ist an den Ausgangsanschluß OUT der VCPO-Schaltung **10E** angeschlossen und erfaßt die Frequenz f_{osc} des Schwingungssignals S_{osc} , das an dem Ausgangsanschluß OUT abgegeben wird, wenn die kalibrierte Referenzsteuerspannung V_{CREF} an den Frequenzsteueranschluß VC ange-

legt wird, wobei die Frequenz f_{osc} hierbei auch als eine "Mittenfrequenz f_o " bezeichnet wird. Die Einstelleinheit 32 vergleicht die erfaßte Frequenz f_{osc} mit der Referenzfrequenz f_{OREF} und erzeugt auf der Grundlage des bei dem Vergleich erhaltenen Ergebnisses die Einstelldaten DADJ, die bei der Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter in der Kapazitätsanordnung CARY zu verwenden sind. Die Einstelleinheit 32 gibt die Einstelldaten DADJ an die VCPO-Schaltung 10E über die Eingangsanschlüsse T1 bis T3 ab. Die Einstelleinheit 32 kann z. B. durch einen Personal Computer PC gebildet sein.

[9.2.2] Betrieb in dem Einstellmodus

Im folgenden wird nun eine Beschreibung des Ablaufs gegeben, der von dem automatischen Einstellsystem 30 zum Einstellen der Frequenz f_{osc} des Schwingungssignals S_{osc} ausgeführt wird, das über den Ausgangsanschluß OUT abgegeben wird.

Die Anlegeeinheit 31 legt an den Frequenzsteueranschluß VC die kalibrierte Referenzsteuerspannung V_{CREF} an, die der vorbestimmten Referenzmittenfrequenz f_{OREF} entspricht. Gleichzeitig mit dem Anlegen der Referenzsteuerspannung V_{CREF} erfaßt die Einstelleinheit 32 die Frequenz f_{osc} des Schwingungssignals S_{osc} , das an dem Ausgangsanschluß OUT abgegeben wird, wobei die Frequenz f_{osc} der Mittenfrequenz f_o entspricht. Die Einstelleinheit 32 vergleicht dann die erfaßte Frequenz mit der Referenzmittenfrequenz f_{OREF} , die der Referenzsteuerspannung V_{CREF} entspricht.

Danach wird eine Berechnung in Übereinstimmung mit der Gleichung (6) ausgeführt, um hierdurch die Lastkapazität CL des Schwingkreises zu ermitteln, derart, daß die Differenz zwischen der Referenzfrequenz f_{OREF} und der Frequenz f_{osc} im wesentlichen auf Null gebracht wird. Hierdurch werden digitale Einstelldaten DADJ erhalten, die bei der Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter SK1 bis SKn in der Kapazitätsanordnung CKARY zu benutzen sind. Die Einstelldaten DADJ werden an die VCPO-Schaltung 10E über die Eingangsanschlüsse T1 bis T3 angelegt.

Die Steuerschaltung 22' der VCPO-Schaltung 10E führt die Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter SK1 bis SKn der Kapazitätsanordnung CKARY auf der Basis der Einstelldaten DADJ aus, die über die Einstellsteuerdaten bzw. Eingangsanschlüsse T1 bis T3 empfangen werden.

Die Einstelleinheit 32 erfaßt erneut die Frequenz f_{osc} des Schwingungssignals S_{osc} , das an dem Ausgangsanschluß OUT abgegeben wird. Die Einstelleinheit 32 vergleicht dann die erfaßte Frequenz f_{osc} mit der Referenzmittenfrequenz f_{OREF} , die der Referenzsteuerspannung V_{CREF} entspricht, und wiederholt die beschriebenen Schritte so lange, bis die Differenz zwischen der Frequenz f_{osc} und der Referenzmittenfrequenz f_{OREF} im wesentlichen auf Null gebracht ist.

Fig. 27 zeigt die Beziehung zwischen dem Kapazitätswert (Schaltkreis-Lastkapazität) CL der Schaltungsbelastung und dem Bereich der Variation der Frequenzabweichung, die beobachtet wird, wenn der Kapazitätswert C_k der Kapazitätsanordnung CKARY geändert wird. Wie aus Fig. 27 ersichtlich ist, ruft eine Zunahme des Kapazitätswerts C_k der Kapazitätsanordnung CKARY eine Verringerung des Bereichs hervor, in dem sich die Frequenzabweichung d_{fr} ändert. Folglich nimmt der Gradient der Frequenzsteuerkennlinie (f_{osc} - V_c -Kennlinie) als Reaktion auf eine Zunahme des Kapazitätswerts C_k der Kapazitätsanordnung CKARY ab.

Wenn die Frequenzabweichung d_{fr} im wesentlichen gleich groß wie die Referenzfrequenzabweichung d_{frEF} geworden ist, hält die Einstelleinheit 32 die aktuellen Zustände der Schalter SK1 bis SKn der Kapazitätsanordnung CKARY fest und erfaßt die Frequenz f_{osc} des Schwingungssignals S_{osc} , das an dem Ausgangsanschluß OUT abgegeben wird (die Frequenz f_{osc} entspricht der Mittenfrequenz f_o des Schwingungssignals f_{osc}).

Die Einstelleinheit 32 vergleicht dann die erfaßte Frequenz f_{osc} mit der vorbestimmten Referenzmittenfrequenz f_{OREF} , die der Referenzsteuerspannung V_{CREF} entspricht. Danach wird eine Berechnung in Übereinstimmung mit der Gleichung (4) ausgeführt, um hierdurch die Lastkapazität CL des Schwingkreises derart zu bestimmen, daß der Unterschied zwischen der Referenzfrequenz f_{OREF} und der Frequenz f_{osc} im wesentlichen auf Null gebracht wird. Hierdurch werden die Einstelldaten DADJ erhalten, die bei der Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter in der Kapazitätsanordnung CARY zu benutzen sind. Die Einstelldaten DADJ werden an die VCPO-Schaltung 10A über die Eingangsanschlüsse T1 bis T3 angelegt.

Die Steuerschaltung 22 der VCPO-Schaltung 10A führt die Einschalt/Ausschaltsteuerung der Schalter S1 bis Sn der Kapazitätsanordnung CARY auf der Basis der Einstelldaten DADJ aus, die über die Einstellsteuerdaten bzw. Eingangsanschlüsse T1 bis T3 empfangen werden.

Die Einstelleinheit 32 erfaßt erneut die Frequenz f_{osc} , d. h. die Mittenfrequenz f_o , des Schwingungssignals S_{osc} , das an dem Ausgangsanschluß OUT abgegeben wird. Die Einstelleinheit 32 vergleicht dann die erfaßte Frequenz f_{osc} mit der vorbestimmten Referenzmittenfrequenz f_{OREF} , die der Referenzsteuerspannung V_{CREF} entspricht, und wiederholt die vorstehend beschriebenen Schritte so lange, bis der Unterschied zwischen der Frequenz f_{osc} und der Referenzmittenfrequenz f_{OREF} im wesentlichen auf Null gebracht ist.

Die Einstelldaten DADJ werden ohne Änderung für einen Zeitraum beibehalten, der nicht kürzer ist als eine vorbestimmte Periode, wenn der Unterschied zwischen der Frequenz f_{osc} und der Referenzmittenfrequenz f_{OREF} im wesentlichen auf Null verringert worden ist. Das Beibehalten der Einstelldaten DADJ wird von der Steuerschaltung 22' als ein Zeichen erkannt, das angibt, daß die automatische Einstellung bezüglich der Justierung der Mittenfrequenz f_o beendet ist. Die Steuerschaltung 22' veranlaßt dann den Speicher 21' zur Speicherung der Verbindungssteuerdaten DCTL', entsprechend der erhaltenen Einstelldaten DADJ, wenn die Einstellung abgeschlossen ist. Der Speicher 21' hält die Verbindungssteuerdaten DCTL' so lange, bis die Daten von der Steuerschaltung 22' aktualisiert werden.

Eine noch praxismäßigere Erläuterung wird nun im Hingang auf den Einstellvorgang unter Bezugnahme auf Fig. 28 gegeben.

Bei dem Beginn des Einstellvorgangs zeigt die VCPO-Schaltung diejenige Kennlinie zwischen der Steuerspannung V_c und der Frequenzabweichung d_{fosc} , die erhalten wird, wenn der Kapazitätswert C_k der Kapazitätsanordnung CKARY gleich Null ist und der Kapazitätswert C_T der Kapazitätsanordnung CARY ebenfalls gleich Null ist. Es wird dann der Einstellvorgang begonnen, indem der Kapazitätswert C_k der Kapazitätsanordnung CKARY von Null auf 2 pF

und dann auf 4 pF usw. erhöht wird, wodurch derjenige Kapazitätswert C_k ermittelt wird, der die beste Kennlinie für die Beziehung zwischen der Steuerspannung V_c und der Frequenzabweichung d_{fosc} bietet. Hierbei wird angenommen, daß die beste Kennlinie für die Beziehung zwischen der Steuerspannung V_c und der Frequenzabweichung d_{fosc} erhalten wird, wenn der Kapazitätswert C_k der Kapazitätsanordnung CKARY gleich 2 pF ist.

Während der Kapazitätswert C_k der Kapazitätsanordnung CKARY bei 2 pF gehalten wird, wird dann der Kapazitätswert CT der Kapazitätsanordnung CARY so justiert, daß $fosc$ zu $fosc = f_{REF}$ wird, wodurch derjenige Kapazitätswert CT festgelegt wird, der die beste Kennlinie für die Beziehung zwischen der Steuerspannung V_c und der Frequenzabweichung d_{fosc} bietet. Hierbei wird angenommen, daß die beste Kennlinie für die Beziehung zwischen der Steuerspannung V_c und der Frequenzabweichung d_{fosc} erhalten wird, wenn der Kapazitätswert CT der Kapazitätsanordnung CARY gleich 50 pF ist. Die Einstelldaten DADJ, die diesem optimalen Zustand entsprechen, werden über eine vorbestimmte Zeitspanne gehalten und dann in dem Speicher 21' gespeichert.

Bei dem vorstehend beschriebenen Ablauf erfaßt die Steuerschaltung 22' selbst den Abschluß der automatischen Einstellung und veranlaßt den Speicher 21' zur Speicherung der Verbindungssteuerdaten DCTL', die denjenigen Einstelldaten DADJ entsprechen, die erhalten worden sind, wenn die Einstellung beendet ist. Dies dient jedoch lediglich zur Veranschaulichung und es kann die Ausgestaltung derart getroffen sein, daß Informationen, die den Abschluß der Einstellung angeben, in den Einstelldaten DADJ enthalten sind und daß solche Einstelldaten DADJ von der Frequenzeinstelleinheit 32 zu der Steuerschaltung 22' gespeist werden, so daß die Steuerschaltung 22' auf den Empfang der Daten hin derart arbeitet, daß sie den Speicher 21' zum Speichern der Verbindungssteuerdaten DCTL' veranlaßt, die den Einstelldaten DADJ entsprechen.

Bei der vorstehenden Erläuterung wird zunächst die Einstellung des Kapazitätswerts C_k der Kapazitätsanordnung CKARY ausgeführt, woran sich die Einstellung des Kapazitätswerts CT der Kapazitätsanordnung CARY anschließt. Der Ablauf kann jedoch auch so ausgeführt werden, daß Kombinationen aus dem Kapazitätswert C_k der Kapazitätsanordnung CKARY und dem Kapazitätswert CT der Kapazitätsanordnung sequentiell ausgewählt werden, um hierdurch eine gleichzeitige oder gleichlaufende Einstellung der beiden Kapazitätswerte C_k und CT zu ermöglichen, wie dies aus Fig. 29 ersichtlich ist. Genauer gesagt, wird unter Bezugnahme auf Fig. 29 der Kapazitätswert CT der Kapazitätsanordnung CARY von 10 pF auf 50 pF und dann auf 100 pF usw. geändert, während der Kapazitätswert C_k der Kapazitätsanordnung CKARY bei Null festgelegt bleibt. Bei dem nächsten Schritt wird der Kapazitätswert CT der Kapazitätsanordnung CARY von 10 pF auf 50 pF und dann auf 100 pF usw. geändert, während der Kapazitätswert C_k der Kapazitätsanordnung CKARY auf 2 pF eingestellt wird. In gleichartiger Weise wird der Kapazitätswert CT der Kapazitätsanordnung CARY bei dem nächsten Schritt pF auf 50 pF und dann auf 100 pF usw. geändert, während der Kapazitätswert C_k der Kapazitätsanordnung CKARY auf 4 pF festgelegt ist. Falls das beste Ergebnis bei einer Kombination erhalten wird, bei der der Kapazitätswert C_k der Kapazitätsanordnung CKARY gleich 4 pF ist und der Kapazitätswert CT der Kapazitätsanordnung CARY gleich 10 pF ist, wird diese Kombination als die beste Kombination festgelegt.

[9.3] Arbeitsweise der VCPO-Schaltung 10F im normalen Schwingungsmodus

Unter spezieller Bezugnahme auf Fig. 13 wird im folgenden der normale Schwingungsbetrieb der VCPO-Schaltung 10F erläutert.

Wenn die Spannungsversorgung eingeschaltet wird, arbeitet die Steuerschaltung 22' der VCPO-Schaltung 10E derart, daß sie zeitweilig alle Schalter S1 bis Sn der Kapazitätsanordnung CARY und alle Schalter SK1 bis SKn der Kapazitätsanordnung CKARY einschaltet (schließt). Dieser Vorgang zielt darauf ab, es zu ermöglichen, daß elektrischer Strom von VCC zu GND fließen kann, um hierdurch rasch Schwingungsenergie zu dem piezoelektrischen Schwinger bzw. Resonator zu leiten, wodurch die Frequenz $fosc$ des Schwingungssignals Sosc rasch eingestellt wird, das an dem Ausgangsanschluß OUT der VCPO-Schaltung 10F abgegeben wird. Das zeitweilige Schließen von allen Schaltern S1 bis Sn der Kapazitätsanordnung CARY und von allen Schaltern SK1 bis SKn der Kapazitätsanordnung CKARY als Reaktion auf das Einschalten der Spannungsversorgung ist daher nicht erforderlich, wenn ein solches rasches Erreichen der Frequenz nicht benötigt wird.

Nach dem Verstreichen eines vorbestimmten Zeitintervalls liest die Steuerschaltung 22' die Steuerdaten DCTL' aus dem Speicher 21' aus und schaltet lediglich diejenigen Schalter SX und SKX ein, die den Verbindungssteuerdaten DCTL' entsprechen, wohingegen sie die anderen Schalter offen läßt (geöffnet hält). Demzufolge wird ein Schwingungssignal Sosc an dem Ausgangsanschluß OUT erhalten, das die Frequenz $fosc$ aufweist, die der Steuerspannung V_c entspricht, und die bei der eingestellten Mittenfrequenz f_0 zentriert ist, wobei ein vorbestimmter Gradient mit Bezug zu der Steuerspannung vorhanden ist.

[9.4] Vorteile des neunten Ausführungsbeispiels

Das neunte Ausführungsbeispiel bietet zusätzlich zu dem durch das erste Ausführungsbeispiel begründeten Vorteil einen weiteren Vorteil dahingehend, daß die Frequenzsteuereigenschaften unabhängig von dem Kapazitätswert der Kapazitätsanordnung CARY variiert werden können. In diesem Zusammenhang wird noch genauer auf die Fig. 30(a) bis 30(c) Bezug genommen.

Fig. 30(a) zeigt die Frequenzsteuerkennlinie, die erhalten wird, wenn der Kapazitätswert CT der Kapazitätsanordnung CARY gleich 10 pF ist. In gleichartiger Weise zeigt Fig. 30(b) die Frequenzsteuerkennlinie, die erhalten wird, wenn der Kapazitätswert CT der Kapazitätsanordnung CARY gleich 50 pF ist. In ähnlicher Weise ist in Fig. 30(b) bzw. Fig. 30(c) die Frequenzsteuerkennlinie gezeigt, die sich ergibt, wenn der Kapazitätswert CT der Kapazitätsanordnung CARY gleich 100 pF ist.

Es ist ersichtlich, daß die Frequenzsteuereigenschaften unabhängig von dem Kapazitätswert der Kapazitätsanordnung CARY variabel sind. Zusätzlich sind die Frequenzsteuereigenschaften in erheblichem Umfang selbst bei einer nur kleinen Änderung des Kapazitätswerts der Kapazitätsanordnung CKARY von beispielsweise 0 auf 4 pF änderbar. Ferner be-

nötigt die Kapazitätsanordnung CKARY nur eine geringe Fläche, wenn sie in einem IC untergebracht ist, was dazu beiträgt, die Größe des IC-Gehäuses zu verringern.

[9.5] Änderungen des neunten Ausführungsbeispiels

5

Bei dem neunten Ausführungsbeispiel sind gemäß der Erläuterung der piezoelektrische Schwinger X und die Kapazitätsdiode Cv als diskrete Teile aufgebaut. Dies ist jedoch nicht unbedingt erforderlich, und es kann die Ausgestaltung auch derart getroffen sein, daß der piezoelektrische Schwinger X und die Kapazitätsdiode Cv in Reihe geschaltet und mit Harz umgossen sind, oder in einem einzigen Gehäuse untergebracht sind, so daß der Montagevorgang bei dem Zusammenbau der VCPO-Schaltung vereinfacht werden kann.

10

Auch wenn bei dem beschriebenen neunten Ausführungsbeispiel die Basiskapazität CO als ein Teil der Kapazitätsanordnung CARY vorgesehen ist, kann die Basiskapazität CO auch aus der – Kapazitätsanordnung CARY herausgenommen sein, was bedeutet, daß eine Kapazitätsanordnung CARY' durch die Kapazitäten C1 bis Cn und die Schalter S1 bis Sn gebildet sein kann, ohne daß die Basiskapazität enthalten ist. Eine solche Kapazitätsanordnung CARY' kann mit dem Speicher 21' und der Steuerschaltung 22' integriert zusammengefaßt sein, um hierdurch einen integrierten Schaltkreis IC zu bilden, der an dem Schwingkreis als eine externe Komponente angebracht ist.

15

Die Ausgestaltung kann auch derart getroffen sein, daß allein die Kapazitätsanordnung CARY oder CARY' als ein integrierter Schaltkreis IC aufgebaut ist, der eine externe Komponente bildet, die mit dem Schwingkreis zu verbinden ist. Eine solche Ausgestaltung macht es möglich, VCPO-Schaltungen zu entwerfen und zu bilden, die eine breite Vielfalt von fosc-Vc-Kennlinien zeigen, indem einfach eine neue Kapazitätsanordnung CARY' bereitgestellt wird.

20

Bei dem neunten Ausführungsbeispiel sind, wie beschrieben, die Schalter S1 bis Sn der Kapazitätsanordnung CARY durch Transistoren gebildet. Jedoch können diese Schalter auch durch Sicherungsschalter bzw. durchbrennbare Schalter gebildet sein, falls die Anforderungen hinsichtlich der Präzision der Frequenz nicht so streng sind. In einem solchen Fall werden die Schalter nach dem Abschluß der Einstellung permanent geöffnet gehalten.

25

Diese Modifikationen können bei der Kapazitätsanordnung CARY und/oder der Kapazitätsanordnung CKARY zum Einsatz kommen.

[10] Zehntes Ausführungsbeispiel

30

Fig. 17 zeigt das Prinzip und den grundlegenden Aufbau einer VCPO-Schaltung, die in Übereinstimmung mit einem zehnten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung steht.

Die VCPO-Schaltung ist mit 10G bezeichnet und unterscheidet sich von der VCPO-Schaltung 10 bzw. 10E gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel dahingehend, daß eine Pufferschaltung 40 in der Ausgangsstufe des Schwingkreises vorgesehen ist, um hierdurch einen Kaskoden-Schwingkreis zu bilden, der weniger anfällig gegenüber Beeinträchtigungen durch die Last an einer Schaltung ist, die an den Ausgangsanschluß OUT des Schwingkreises angeschlossen ist. Die Kapazitätsanordnungen CARY und CKARY können die gleichen Kapazitätsanordnungen wie die bei dem neunten Ausführungsbeispiel verwendeten Kapazitätsanordnungen sein und sind an diesen Kaskoden-Schwingkreis angeschlossen.

35

Dieses Ausführungsbeispiel bietet die gleichen Vorteile wie diejenigen, die bei dem neunten Ausführungsbeispiel vorhanden sind. Zusätzlich können die Hochfrequenzeigenschaften des Schwingkreises gegenüber dem neunten Ausführungsbeispiel verbessert werden.

40

[11] Elftes Ausführungsbeispiel

45

Fig. 18 zeigt das Prinzip und den grundlegenden Aufbau einer VCPO-Schaltung, die in Übereinstimmung mit einem elften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung steht.

Die VCPO-Schaltung ist mit 10H bezeichnet und unterscheidet sich von der VCPO-Schaltung gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel dahingehend, daß ein erster Spannungsteilerwiderstand R6 zwischen den Steuerspannungseingangsanschluß VC und den piezoelektrischen Schwinger X geschaltet ist, und daß ein zweiter Spannungsteilerwiderstand R7 vorgesehen ist, dessen ein Anschluß an einen Verbindungspunkt zwischen dem ersten Spannungsteilerwiderstand R6 und dem piezoelektrischen Schwinger X angeschlossen ist, und dessen anderer Anschluß mit Massepotential GND verbunden ist. Die Widerstandswerte des ersten und des zweiten Spannungsteilerwiderstands R6 und R7 werden geeignet so ausgewählt, daß eine Steuerung der aktuellen Steuerspannung Vc' möglich ist, die den aktuellen Wert der Steuerspannung Vc darstellt, die an den Steuerspannungsanschluß Vc angelegt ist. Hierdurch wird eine Änderung des Bereichs möglich, in dem die Frequenz einstellbar ist. Der Effekt, der durch die Spannungsteilerwiderstände R6 und R7 bei diesem Ausführungsbeispiel erhalten werden kann, ist der gleiche wie derjenige bei dem dritten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 7**. Bezüglich weiterer Einzelheiten wird daher auf die entsprechenden Erläuterungen im Zusammenhang mit **Fig. 7** verwiesen.

55

[12] Zwölftes Ausführungsbeispiel

60

Fig. 19 zeigt das Prinzip und den grundlegenden Aufbau einer VCPO-Schaltung, die in Übereinstimmung mit dem zwölften Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung steht.

Die VCPO-Schaltung ist mit 10I bezeichnet und unterscheidet sich von der VCPO-Schaltung gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel dahingehend, daß der Schwingkreis als ein CMOS Schwingkreis ausgebildet ist, der eine Schwingungsstufe enthält, die durch einen CMOS Invertierer INV gebildet ist. Kapazitätsanordnungen CARY und CKARY, die die gleichen wie die bei dem neunten Ausführungsbeispiel vorgesehenen Kapazitätsanordnungen sein können, sind an diesen CMOS Schwingkreis angeschlossen.

65

Aufgrund des Einsatzes des CMOS Schwingkreises sind demzufolge ebenfalls Vorteile erzielbar, die gleichwertig sind

wie die bei dem neunten Ausführungsbeispiel erhaltenen Vorteile. Zusätzlich kann eine weitere Verringerung des Leistungsverbrauchs erreicht werden, da auch die Schalter S1 bis Sn durch CMOS-Elemente gebildet sind.

[13] Dreizehntes Ausführungsbeispiel

Fig. 20 zeigt das Prinzip und den grundlegenden Aufbau des dreizehnten Ausführungsbeispiels der VCPO-Schaltung gemäß der vorliegenden Erfindung.

Die VCPO-Schaltung gemäß dem dreizehnten Ausführungsbeispiel ist mit **10J** bezeichnet und unterscheidet sich von der VCPO-Schaltung gemäß dem zwölften Ausführungsbeispiel in den folgenden Aspekten: Die Kapazitätsdiode Cv ist parallel zu dem Invertierer INV sowie in Reihe mit dem piezoelektrischen Schwinger X geschaltet; der für die Steuerung vorgesehene Eingangsanschluß VC ist an einen Verbindungspunkt zwischen der Kapazitätsdiode Cv und dem piezoelektrischen Schwinger X über einen Eingangswiderstand Ri angeschlossen; und die Kapazitätsanordnung CKARY ist parallel zu der Kapazitätsdiode Cv geschaltet.

Diese Ausgestaltung bietet Vorteile, die gleichartig sind wie diejenigen bei dem neunten Ausführungsbeispiel, und trägt ferner zu einer weiteren Verringerung des Leistungsverbrauchs bei, was durch den Einsatz der als CMOS-Typ ausgebildeten Schalter S1 bis Sn und SK1 bis SKn bedingt ist.

[14] Vierzehntes Ausführungsbeispiel

Fig. 21 zeigt das Prinzip und den grundlegenden Aufbau des vierzehnten Ausführungsbeispiels der in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung stehenden VCPO-Schaltung.

Die VCPO-Schaltung **10K** gemäß diesem Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von der VCPO-Schaltung gemäß dem dreizehnten Ausführungsbeispiel im Hinblick darauf, daß die Kapazitätsanordnung CKARY zwischen Masse GND und einem Verbindungspunkt zwischen der Kapazitätsdiode Cv und dem piezoelektrischen Schwinger X geschaltet ist.

Dieses Ausführungsbeispiel bietet Vorteile, die gleichartig sind wie diejenigen gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel. Zusätzlich wird eine weitere Verringerung hinsichtlich des Leistungsverbrauchs erzielt, was durch den Einsatz der in Form von CMOS-Elementen ausgebildeten Schalter S1 bis Sn und SK1 bis SKn bedingt ist.

[15] Fünfzehntes Ausführungsbeispiel

Fig. 22 zeigt das Prinzip und den grundlegenden Aufbau des fünfzehnten, in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung stehenden Ausführungsbeispiels der VCPO-Schaltung.

Die VCPO-Schaltung **10L** gemäß diesem Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von der VCPO-Schaltung gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel im Hinblick darauf, daß die Kapazitätsanordnung CKARY nur zu der Kapazitätsdiode Cv parallel geschaltet ist.

Dieses Ausführungsbeispiel bietet eine Wirkung, die gleichwertig ist zu derjenigen, die durch eine Änderung der Eigenschaften der Kapazitätsdiode Cv hervorgerufen wird, wodurch Vorteile geboten werden, die äquivalent zu den Vorteilen gemäß dem neunten Ausführungsbeispiel sind. Zusätzlich wird eine weitere Verringerung des Leistungsverbrauchs erzielt, was auf den Einsatz der in Form von CMOS-Elementen ausgebildeten Schalter SK1 bis SKn zurückzuführen ist.

[16] Sechzehntes Ausführungsbeispiel

Bei jedem der vorstehend beschriebenen neunten bis fünfzehnten Ausführungsbeispiele ist die Kapazitätsanordnung CARY durch n Elemente von Kapazitäten CX ($X = 1 \text{ bis } n$) gebildet, die als selektiv anschließbare Kapazitäten zum Ändern des Kapazitätswerts der Kapazitätsanordnung CARY dienen. Die Ausgestaltung kann jedoch auch derart getroffen sein, daß, wie in **Fig. 9** gezeigt ist, jede Kapazität CX (selektiv zuschaltbare Kapazität) der Anordnung CARY durch eine Mehrzahl von Teilkapazitäten gebildet ist, die jeweils eine Basis-Teilkapazität CX0 enthalten. Folglich weist jede Kapazität CX Teilkapazitäten CX0 und CX1 bis CXm auf (m stellt eine natürliche Zahl dar). Die Teilkapazitäten CX1 bis CXm sind so ausgelegt, daß sie mit Hilfe von zugeordneten Teilschaltern SX1 bis SXm selektiv mit der Schaltung verbindbar und von dieser abtrennbar sind, so daß die Teilkapazität CX0 und die Teilkapazitäten CX1 bis CXm selektiv gekoppelt werden. Hierdurch wird eine Justierung des Kapazitätswerts der Kapazitätsanordnung CARY ermöglicht. Es ist demzufolge möglich, eine noch feinere Justierung des Kapazitätswerts zu erreichen.

[17] Siebzehntes Ausführungsbeispiel

Bei jedem der vorstehend beschriebenen neunten bis fünfzehnten Ausführungsbeispiele ist die Kapazitätsanordnung CKARY durch n Elemente von Kapazitäten CKX ($X = 1 \text{ bis } n$), die als selektiv zuschaltbare Kapazitäten zum Ändern des Kapazitätswerts der Kapazitätsanordnung CKARY dienen. Die Ausgestaltung kann jedoch auch derart getroffen sein, daß, wie in **Fig. 23** gezeigt ist, jede Kapazität CKX (selektiv zuschaltbare Kapazität) der Anordnung CKARY durch eine Mehrzahl von Teilkapazitäten CKX1 bis CKXm gebildet ist (n stellt eine natürliche Zahl dar). Die Teilkapazitäten CKX2 bis CKXm sind dazu ausgelegt, daß sie mit Hilfe von zugehörigen Teilschaltern SKX2 bis SKXm selektiv mit der Schaltung verbunden und von dieser abgetrennt werden können. Hierdurch können die Teilkapazitäten CKX1 bis CKX2 selektiv eingesetzt werden, wodurch eine Justierung des Kapazitätswerts der Kapazitätsanordnung CKARY möglich ist. Es ist demzufolge möglich, eine noch feinere Einstellung des Kapazitätswerts zu erreichen.

Bei jedem der neunten bis siebzehnten Ausführungsbeispiele sind die Kapazitätsdiode C_v und die Kapazitätsanordnung CARY jeweils miteinander in Reihe geschaltet. Bei der Erfindung ist jedoch eine derartige Ausgestaltung, bei der die Kapazitätsanordnung CARY parallel zu der Kapazitätsdiode C_v geschaltet ist, wie dies bei dem vorstehend erläuterten zweiten Typ der bekannten Anordnung der Fall ist, nicht ausgeschlossen. Eine derartige Ausgestaltung bietet die bei dem vorstehend erläuterten ersten Ausführungsbeispiel erhaltenen Vorteile gemäß den Ziffern (2) bis (6).

[19] Modifikationen

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen ist die Basiskapazität C_0 , die eine fest angeschlossene Kapazität darstellt, in Reihe mit dem piezoelektrischen Schwinger X und der Kapazitätsdiode C_v geschaltet. Die Basiskapazität C_0 kann jedoch auch mit der Kapazitätsdiode C_v parallel zu dieser verbunden sein, wie dies bei dem vorstehend beschriebenen zweiten Typ der herkömmlichen Ausgestaltung der Fall ist.

Bei den vorstehend erläuterten Ausführungsbeispielen ist jede der Kapazitäten C_1 bis C_n durch eine einzelne Kapazität gebildet. Jede der Kapazitäten C_1 bis C_n kann jedoch auch durch eine Mehrzahl von in Reihe oder parallel geschalteten Teilkapazitäten gebildet sein. In einem derartigen Fall ist es möglich, eine Kapazität mit einem größeren Kapazitätswert zu erzeugen und eine Kapazität zu erhalten, die einen gewünschten Kapazitätswert besitzt.

[Vorteile der Erfindung]

Die vorliegende Erfindung bietet die nachstehend angegebenen Vorteile.

Die Einstellung der Istfrequenz auf eine gewünschte Mittenfrequenz f_0 kann in dem fertig zusammengebauten Schwingkreis leicht durchgeführt werden, und zwar selbst bei einer Variation oder Fluktuation der Eigenschaften der einzelnen piezoelektrischen Schwinger. Dies ermöglicht den Einsatz von weniger strengen Produktionsspezifikationen bei der Herstellung der piezoelektrischen Schwinger, was zu einer Verringerung der Kosten des oder der piezoelektrischen Schwinger und demzufolge zu einer Verringerung der Herstellungskosten der VCPO-Schaltungen beiträgt.

Zusätzlich kann die Justierung der tatsächlichen Steuerspannung bzw. Iststeuerspannung gegenüber den Frequenzeigenschaften, d. h. die Frequenzsteuereigenschaften, in dem fertig montierten Schwingkreis einfach ausgeführt werden, und zwar trotz Variationen oder Schwankungen der Eigenschaften der einzelnen piezoelektrischen Schwinger. Dies ermöglicht es, bei der Herstellung der piezoelektrischen Schwinger und der Kapazitätsdioden weniger strenge Produktionsspezifikationen zu verwenden, was zu einer Verringerung der Kosten des oder der piezoelektrischen Schwinger und der Kapazitätsdioden, und demzufolge zu einer Verringerung der Herstellungskosten der VCPO-Schaltungen beiträgt.

Gemäß der Erfindung kann eine VCPO-Schaltung ohne den Einsatz irgendwelcher Trimmerkapazitäten realisiert werden, so daß die Anzahl von extern angebrachten Teilen um Eins verringert werden kann. Hierdurch können die Montagekosten gesenkt werden.

Als Folge des Einsatzes einer kostengünstigen Kapazitätsanordnung anstelle eines teuren Trimmerkondensators ist es möglich, VCPO-Schaltungen mit geringen Preisen zu erhalten.

In der Praxis gibt es eine Grenze im Hinblick auf die Verringerung der Größe der herkömmlichen, mit Trimmerkondensatoren ausgestatteten VCPO-Schaltungen, da der Trimmer eine mechanische Komponente enthält. Im Unterschied hierzu kann die Kapazitätsanordnung in einem integrierten Schaltkreis IC untergebracht werden. Dies erlaubt vorteilhafterweise eine Verringerung der Größe der VCPO-Schaltung.

Die VCPO-Schaltung gemäß der Erfindung, bei der die Kapazitätsanordnung zum Einsatz kommt, ist im Hinblick auf alterungsbedingte Änderung und Arbeitsweise im Vergleich mit VCPO-Schaltungen, die mit Trimmerkondensatoren arbeiten, stabil. Es ist daher möglich, ein höheres Maß an Stabilität der Arbeitsweise des piezoelektrischen Schwingkreises zu erreichen.

Die Justierung der Mittenfrequenz kann in rein elektrischer Weise erreicht werden, wodurch die Notwendigkeit einer mechanischen Justierung beseitigt ist, die bei den herkömmlichen Ausgestaltungen benötigt wird. Hierdurch wird die Zeitdauer verkleinert, die für die Justierung der Mittenfrequenz benötigt wird, was zu einer Verringerung der Kosten bei der Herstellung der VCPO-Schaltung führt.

Ferner können die Investitionen für die Installation der Fertigungsanlage verringert werden, was an der Beseitigung des Servomechanismus liegt, der bei der herkömmlichen Ausgestaltung zum Zwecke der Justierung des Trimmerkondensators benötigt wird und der kompliziert und teuer ist.

Patentansprüche

1. Kapazitätsanordnungseinheit, die mit einem Schwingkreis zu verbinden ist, der einen piezoelektrischen Schwinger und eine einen variablen Kapazitätswert aufweisende Diode enthält, die mit dem piezoelektrischen Schwinger in Reihe geschaltet ist, wobei der Schwingkreis ein Schwingungssignal mit einer Frequenz abgibt, die einer an einen Steuerspannungsanschluß des Schwingkreises angelegten Steuerspannung entspricht, wobei die Kapazitätsanordnungseinheit umfaßt:

eine fest angeschlossene Kapazität, die mit dem piezoelektrischen Schwinger oder mit der einen variablen Kapazitätswert aufweisenden Diode verbunden ist und die einen vorbestimmten elektrostatischen Kapazitätswert besitzt, eine Mehrzahl von selektiv zuschaltbaren Kapazitäten, die vorbestimmte elektrostatische Kapazitätswerte aufweisen, und

eine Kapazitätsverbindungsschaltung zum Verbinden mindestens einer selektiv zuschaltbaren, aus den selektiv zuschaltbaren Kapazitäten ausgewählten Kapazität mit der fest angeschlossenen Kapazität parallel zu dieser.

2. Kapazitätsanordnungseinheit nach Anspruch 1, bei der die fest angeschlossene Kapazität mit dem piezoelektri-

schen Schwinger in Reihe geschaltet ist.

3. Kapazitätsanordnungseinheit nach Anspruch 1, bei der die fest angeschlossene Kapazität mit der variablen Kapazitätswert aufweisenden Diode in Parallelschaltung verbunden ist.

4. Kapazitätsanordnungseinheit, die mit einem Schwingkreis zu verbinden ist, der einen piezoelektrischen Schwinger und eine fest angeschlossene Kapazität umfaßt, die mit dem piezoelektrischen Schwinger in Reihe geschaltet ist und einen vorbestimmten elektrostatischen Kapazitätswert besitzt, wobei der Schwingkreis ein Schwingungssignal mit einer Frequenz abgibt, die einer an einen Steuerspannungsanschluß des Schwingkreises angelegten Steuerspannung entspricht, wobei die Kapazitätsanordnungseinheit umfaßt:

eine Mehrzahl von selektiv zuschaltbaren Kapazitäten, die vorbestimmte elektrostatische Kapazitätswerte aufweisen, und

eine Kapazitätsverbindungsschaltung zum Verbinden mindestens einer selektiv zuschaltbaren Kapazität, die aus den selektiv zuschaltbaren Kapazitäten ausgewählt ist, mit der fest angeschlossenen Kapazität parallel zu dieser.

5. Kapazitätsanordnungseinheit, die mit einem Schwingkreis zu verbinden ist, der einen piezoelektrischen Schwinger, eine variablen Kapazitätswert aufweisende Diode, die in Reihe mit dem piezoelektrischen Schwinger geschaltet ist, und eine fest angeschlossene Kapazität umfaßt, die einen vorbestimmten elektrostatischen Kapazitätswert aufweist und mit der variablen Kapazitätswert aufweisenden Diode parallel zu dieser verbunden ist, wobei der Schwingkreis ein Schwingungssignal mit einer vorbestimmten Frequenz abgibt, und die Kapazitätsanordnungseinheit umfaßt:

eine Mehrzahl von selektiv zuschaltbaren Kapazitäten, die vorbestimmte elektrostatische Kapazitätswerte besitzen, und

eine Kapazitätsverbindungsschaltung zum Verbinden mindestens einer der selektiv zuschaltbaren Kapazitäten, die aus den selektiv zuschaltbaren Kapazitäten ausgewählt ist, mit der fest angeschlossenen Kapazität parallel zu dieser.

6. Kapazitätsanordnungseinheit nach Anspruch 1, bei der mindestens eine der selektiv zuschaltbaren Kapazitäten eine Mehrzahl von selektiv zuschaltbaren Teilkapazitäten umfaßt, die in Reihe oder parallel zueinander geschaltet sind.

7. Kapazitätsanordnungseinheit nach Anspruch 1, bei der die Kapazitätsverbindungsschaltung eine Mehrzahl von Schaltern zum Verbinden von jeweiligen selektiv zuschaltbaren Kapazitäten mit der fest angeschlossenen Kapazität umfaßt.

8. Steuereinrichtung für eine Kapazitätsanordnungseinheit, die zum Steuern einer Kapazitätsanordnungseinheit gemäß Anspruch 1 ausgelegt ist, mit

einem Speicher, in dem Verbindungssteuerdaten gespeichert sind, die bei der Steuerung der Auswahl zwischen dem Anschließen und dem Nicht-Anschließen der selektiv zuschaltbaren Kapazitäten an die fest angeschlossene Kapazität zu benutzen sind, und

einer Verbindungssteuerschaltung zum Veranlassen des Speichers zur Speicherung der Verbindungssteuerdaten auf der Basis von extern bereitgestellten Einstellsteuerdaten, und zum Steuern der Kapazitätsverbindungsschaltung in Übereinstimmung mit den Einstellsteuerdaten oder den Verbindungssteuerdaten.

9. Steuereinrichtung für eine Kapazitätsanordnungseinheit gemäß Anspruch 8, bei der die Verbindungssteuerschaltung eine Hochlaufsteuerschaltung umfaßt, die bei dem Einschalten der Spannungsversorgung zeitweilig eine oder mehrere vorab ausgewählte Kapazitäten aus den selektiv zuschaltbaren Kapazitäten mit der fest angeschlossenen Kapazität verbindet.

10. Kapazitätsanordnungseinheit-Steuereinrichtung zum Steuern der Kapazitätsanordnungseinheit gemäß Anspruch 7, mit

einem Speicher, in dem Verbindungssteuerdaten gespeichert sind, die bei der Steuerung der Auswahl zwischen Anschließen und Nicht-Anschließen der selektiv zuschaltbaren Kapazitäten an die fest angeschlossene Kapazität zu verwenden sind, und

einer Schaltsteuerschaltung zum Veranlassen des Speichers zum Speichern der Verbindungssteuerdaten auf der Grundlage von extern bereitgestellten Einstellsteuerdaten, und zum Bewirken einer Einschalt/Ausschaltsteuerung der Mehrzahl von Schaltern in Übereinstimmung mit den Einstellsteuerdaten oder den Verbindungssteuerdaten.

11. Kapazitätsanordnungseinheit-Steuereinrichtung nach Anspruch 10, bei der die Verbindungssteuerschaltung eine Hochlaufsteuerschaltung umfaßt, die bei dem Einschalten der Spannungsversorgung zeitweilig einen oder mehrere, vorab aus den Schaltern ausgewählte Schalter einschaltet.

12. Schwingkreis zum Abgeben eines Schwingungsausgangssignals mit einer Frequenz, die einer Steuerspannung entspricht, die an einen Steuerspannungsanschluß des Schwingkreises angelegt ist, mit

einem piezoelektrischen Schwinger, einer Kapazitätsanordnungseinheit gemäß Anspruch 1, und einer variablen Kapazitätswert aufweisenden Diode, die mit dem piezoelektrischen Schwinger in Reihe geschaltet ist.

13. Schwingkreis nach Anspruch 12, der weiterhin die Kapazitätsanordnungseinheit-Steuereinrichtung nach Anspruch 8 umfaßt.

14. Schwingkreis zum Abgeben eines Schwingungsausgangssignals mit einer Frequenz, die einer Steuerspannung entspricht, die an einen Steuerspannungsanschluß des Schwingkreises angelegt ist, mit

einem piezoelektrischen Schwinger, einer Kapazitätsanordnungseinheit gemäß Anspruch 7, einer Kapazitätsanordnungseinheit-Steuereinrichtung gemäß Anspruch 10, und einer variablen Kapazitätswert aufweisenden Diode, die mit dem piezoelektrischen Schwinger in Reihe geschaltet ist.

15. Kapazitätsanordnungseinheit, die mit einem Schwingkreis zu verbinden ist, der einen piezoelektrischen Schwinger und eine variablen Kapazitätswert aufweisende Diode umfaßt, die mit dem piezoelektrischen Schwinger

in Reihe geschaltet ist, wobei der Schwingkreis ein Schwingungssignal mit einer Frequenz abgibt, die einer Steuerungsspannung entspricht, die an einen Steuerungsspannungsanschluß des Schwingkreises angelegt ist, wobei die Kapazitätsanordnungseinheit umfaßt:

5 einen zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden Kapazitätsanordnungsabschnitt, der an den piezoelektrischen Schwinger oder an die variablen Kapazitätswert aufweisende Diode angeschlossen ist, wobei der Kapazitätswert des zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden Kapazitätsanordnungsabschnitts variabel ist, um hierdurch eine Einstellung der Mittenfrequenz des Schwingungssignals zu ermöglichen, und
 10 einen zur Einstellung der Frequenzsteuereigenschaft dienenden Kapazitätsanordnungsabschnitt, der eine Mehrzahl von zur Einstellung der Steuereigenschaften dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten, die vorbestimmte elektrostatische Kapazitätswerte aufweisen, und
 eine zur Einstellung der Steuereigenschaften dienende Kapazitätsverbindungsschaltung zum Anschließen von gewünschten Kapazitäten der zur Einstellung der Steuereigenschaften dienenden selektiv zuschaltbaren Kapazitäten an den zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden Kapazitätsanordnungsabschnitt oder an die variablen Kapazitätswert aufweisende Diode parallel zu dieser enthält.

15 16. Kapazitätsanordnungseinheit, die mit einem Schwingkreis zu verbinden ist, der einen piezoelektrischen Schwinger und eine fest angeschlossene Kapazität umfaßt, die mit dem piezoelektrischen Schwinger in Reihe geschaltet ist und die einen vorbestimmten elektrostatischen Kapazitätswert aufweist, wobei die Kapazitätsanordnungseinheit umfaßt:

20 eine Mehrzahl von zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten, die vorbestimmte elektrostatische Kapazitätswerte aufweisen,
 eine zur Einstellung der Mittenfrequenz dienende Kapazitätsverbindungsschaltung zum Verbinden von gewünschten Kapazitäten aus den zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten mit der fest angeschlossenen Kapazität parallel zu dieser,
 25 eine Mehrzahl von zur Einstellung der Steuereigenschaften dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten, die vorbestimmte elektrostatische Kapazitätswerte umfassen, und
 eine zur Einstellung der Frequenzsteuereigenschaften dienende Kapazitätsverbindungsschaltung zum Verbinden ausgewählter Kapazitäten der zur Einstellung der Frequenzsteuereigenschaften dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten mit den zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden, zuschaltbaren Kapazitäten.

30 17. Kapazitätsanordnungseinheit, die mit einem Schwingkreis zu verbinden ist, der einen piezoelektrischen Schwinger, eine variablen Kapazitätswert aufweisende Diode, die mit dem piezoelektrischen Schwinger in Reihe geschaltet ist, und eine fest angeschlossene Kapazität aufweist, die mit der variablen Kapazitätswert aufweisenden Diode parallel zu dieser verbunden ist, wobei die Kapazitätsanordnungseinheit umfaßt:

35 eine Mehrzahl von zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten, die vorbestimmte elektrostatische Kapazitätswerte aufweisen,
 eine zur Einstellung der Mittenfrequenz dienende Kapazitätsverbindungsschaltung zum Verbinden von ausgewählten Kapazitäten der zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden selektiv zuschaltbaren Kapazitäten mit der fest angeschlossenen Kapazität parallel zu dieser,
 eine Mehrzahl von zur Einstellung der Frequenzsteuereigenschaften dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten, die vorbestimmte elektrostatische Kapazitätswerte aufweisen, und
 40 einer zur Einstellung der Frequenzsteuereigenschaften dienenden Kapazitätsverbindungsschaltung zum Verbinden von ausgewählten Kapazitäten aus den zur Einstellung der Frequenzsteuereigenschaften dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten mit der variablen Kapazitätswert aufweisenden Diode oder mit den zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden zuschaltbaren Kapazitäten parallel zu diesen.

45 18. Kapazitätsanordnungseinheit nach Anspruch 15, bei der mindestens eine aus der Mehrzahl von zur Einstellung der Frequenzsteuereigenschaften dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten eine Mehrzahl von zur Einstellung der Frequenzsteuereigenschaften dienenden, zuschaltbaren Teilkapazitäten enthält, die in Reihe oder parallel zueinander geschaltet sind.

50 19. Kapazitätsanordnungseinheit nach Anspruch 15, bei der die zur Einstellung der Steuereigenschaften dienende Kapazitätsverbindungsschaltung eine Mehrzahl von Schaltern zum Verbinden von jeweiligen, zur Einstellung der Steuereigenschaften dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten mit dem zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden Kapazitätsanordnungsabschnitt oder mit der variablen Kapazitätswert aufweisenden Diode parallel zu diesem bzw. dieser enthält.

20. Kapazitätsanordnungseinheit-Steuereinrichtung zum Steuern einer Kapazitätsanordnungseinheit gemäß Anspruch 15, mit

55 einem Speicher, in dem Verbindungssteuerdaten gespeichert sind, die bei der Steuerung der Auswahl zwischen dem Anschließen und dem Nicht-Anschließen der zur Einstellung der Steuereigenschaften dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten an den zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden Kapazitätsanordnungsabschnitt oder an die variablen Kapazitätswert aufweisende Diode zu verwenden sind, und

60 einer Verbindungssteuerschaltung zum Veranlassen des Speichers zur Speicherung der Verbindungsdaten auf der Basis von extern bereitgestellten Einstellsteuerdaten sowie zum Steuern der zur Einstellung der Steuereigenschaften dienenden Kapazitätsverbindungsschaltung in Übereinstimmung mit den Einstellsteuerdaten oder den Verbindungssteuerdaten.

21. Kapazitätsanordnungseinheit-Steuereinrichtung nach Anspruch 20, bei der die Verbindungssteuerschaltung eine Hochlaufsteuerschaltung umfaßt, die bei dem Einschalten der Spannungsversorgung zeitweilig eine oder mehrere ausgewählte Kapazitäten aus den zur Einstellung der Frequenzsteuereigenschaften dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten mit der variablen Kapazitätswert aufweisenden Diode oder mit der zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden Kapazitätsanordnung verbindet.

22. Kapazitätsanordnungseinheit-Steuereinrichtung zum Steuern der Kapazitätsanordnungseinheit gemäß Anspruch

- 19, mit
 einem Speicher, in dem Verbindungssteuerdaten gespeichert sind, die bei der Steuerung der Auswahl zwischen dem Anschluß und dem Nicht-Anschluß der zur Einstellung der Steuereigenschaften dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten an den zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden Kapazitätsanordnungsabschnitt oder an die variablen Kapazitätswert aufweisende Diode zu verwenden sind, und
 einer Schaltsteuerschaltung zum Veranlassen des Speichers zum Speichern der Verbindungssteuerdaten auf der Grundlage von extern bereitgestellten Einstellsteuerdaten, und zum Bewirken einer Einschalt/Ausschaltsteuerung der Mehrzahl von Schaltern in Übereinstimmung mit den Einstellsteuerdaten oder mit den Verbindungssteuerdaten.
23. Kapazitätsanordnungseinheit-Steuereinrichtung nach Anspruch 22, bei der die Schaltsteuerschaltung eine Hochlaufsteuerschaltung umfaßt, die bei dem Einschalten der Spannungsversorgung selektiv einen oder mehrere, vorab aus den Schaltern ausgewählte Schalter einschaltet.
24. Schwingkreis zum Abgeben eines Schwingungssignals mit einer Frequenz, die einer Steuerspannung entspricht, die an einen Steuerspannungsanschluß des Schwingkreises angelegt ist, mit
 einem piezoelektrischen Schwinger,
 einer Kapazitätsanordnungseinheit gemäß Anspruch 15, und
 einer variablen Kapazitätswert aufweisenden Diode, die mit dem piezoelektrischen Schwinger in Reihe geschaltet ist.
25. Schwingkreis nach Anspruch 24, der weiterhin die Kapazitätsanordnungseinheit-Steuereinrichtung gemäß Anspruch 20 umfaßt.
26. Schwingkreis zum Abgeben eines Schwingungssignals mit einer Frequenz, die einer Steuerspannung entspricht, die an einen Steuerspannungsanschluß des Schwingkreises angelegt ist, mit
 einem piezoelektrischen Schwinger,
 einer Kapazitätsanordnungseinheit gemäß Anspruch 22 bzw. 19,
 einer Kapazitätsanordnungseinheit-Steuereinrichtung gemäß Anspruch 22, und
 einer variablen Kapazitätswert aufweisenden Diode, die mit dem piezoelektrischen Schwinger in Reihe geschaltet ist.
27. Frequenzeinstellsystem zum Bewirken einer Einstellung des Schwingkreises gemäß Anspruch 12, um hierdurch zu erreichen, daß der Schwingkreis ein Schwingungssignal mit einer vorbestimmten Referenzfrequenz abgibt, die einer vorbestimmten, an einen Steuerspannungsanschluß angelegten Referenzsteuerspannung entspricht, mit
 einer Frequenzerfassungseinrichtung zum Erfassen der Frequenz des Schwingungssignals, wenn die vorbestimmte Referenzsteuerspannung an den Steuerspannungsanschluß angelegt ist, und
 einer Einstelldaten-Ausgabeeinrichtung zum Vergleichen der erfaßten Frequenz des Schwingungssignals mit der Referenzfrequenz und zum Abgeben der Einstellsteuerdaten auf der Grundlage des Vergleichsergebnisses, wobei die Einstellsteuerdaten für den Einsatz bei der Steuerung der Auswahl zwischen dem Anschluß und dem Nicht-Anschluß der selektiv zuschaltbaren Kapazität oder Kapazitäten an die fest angeschlossene Kapazität ausgelegt sind.
28. Frequenzeinstellverfahren zum Bewirken einer Einstellung des Schwingkreises gemäß Anspruch 12, um hierdurch den Schwingkreis in die Lage zu versetzen, ein Schwingungssignal mit einer vorbestimmten Referenzfrequenz abzugeben, die einer vorbestimmten, an den Steuerspannungsanschluß angelegten Referenzsteuerspannung entspricht, mit den Schritten:
- (a) Anlegen einer vorbestimmten Referenzspannung an den Steuerspannungsanschluß,
 - (b) Erfassen der Frequenz des Schwingungssignals, während die vorbestimmte Referenzsteuerspannung an den Steuerspannungsanschluß angelegt ist, und
 - (c) Vergleichen der erfaßten Frequenz des Schwingungssignals mit der Referenzfrequenz und Abgeben von Steuerdaten auf der Basis des Vergleichsergebnisses, wobei die Steuerdaten für den Einsatz bei der Steuerung der Auswahl zwischen Anschließen und Nicht-Anschließen der selektiv zuschaltbaren Kapazitäten an die fest angeschlossene Kapazität ausgelegt sind.
29. Frequenzeinstellsystem zum Bewirken einer Einstellung eines Schwingkreises gemäß Anspruch 24, um hierdurch den Schwingkreis in die Lage zu versetzen, ein Schwingungssignal mit einer vorbestimmten Frequenzsteuercharakteristik in Abhängigkeit von einer vorbestimmten, an den Steuerspannungsanschluß angelegten Referenzsteuerspannung auszugeben, mit
 einer Frequenzsteuercharakteristik-Erfassungseinrichtung zum Erfassen der Frequenzsteuercharakteristik des Schwingungssignals, während die vorbestimmte Referenzsteuerspannung an den Steuerspannungsanschluß angelegt ist, und
 einer Einstelldatenausgabeeinrichtung zum Vergleichen der erfaßten Frequenzsteuercharakteristik des Schwingungssignals mit der Referenzfrequenzsteuercharakteristik und zum Abgeben der Einstellsteuerdaten auf der Grundlage des Vergleichsergebnisses, wobei die Einstellsteuerdaten für den Einsatz bei der Steuerung bei der Auswahl zwischen Anschließen und Nicht-Anschließen der zur Steuerung der Charakteristik dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten an die variablen Kapazitätswert aufweisende Diode oder an den zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden Kapazitätsanordnungsabschnitt dienen.
30. Frequenzeinstellverfahren zum Bewirken einer Einstellung eines Schwingkreises gemäß Anspruch 24, um hierdurch den Schwingkreis in die Lage zu versetzen, ein Schwingungssignal mit einer vorbestimmten Frequenzsteuercharakteristik in Abhängigkeit von einer vorbestimmten, an den Steuerspannungsanschluß angelegten Referenzsteuerspannung auszugeben, mit den Schritten
- (a) Anlegen einer Referenzspannung an den Steuerspannungsanschluß,
 - (b) Erfassen der Frequenzsteuercharakteristik des Schwingungssignals, während die vorbestimmte Referenzsteuerspannung an den Steuerspannungsanschluß angelegt ist, und
 - (c) Vergleichen der erfaßten Frequenzsteuercharakteristik des Schwingungssignals mit der Referenz-Fre-

DE 199 14 698 A 1

quenzsteuercharakteristik und zum Abgeben der Einstellsteuerdaten auf der Basis des Vergleichsergebnisses, wobei die Einstellsteuerdaten für den Einsatz bei der Steuerung der Auswahl zwischen dem Anschließen und dem Nicht-Anschließen der zur Einstellung der Steuercharakteristik dienenden, selektiv zuschaltbaren Kapazitäten an die variablen Kapazitätswert aufweisende Diode oder an den zur Einstellung der Mittenfrequenz dienenden Kapazitätsanordnungsabschnitt dienen.

Hierzu 34 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

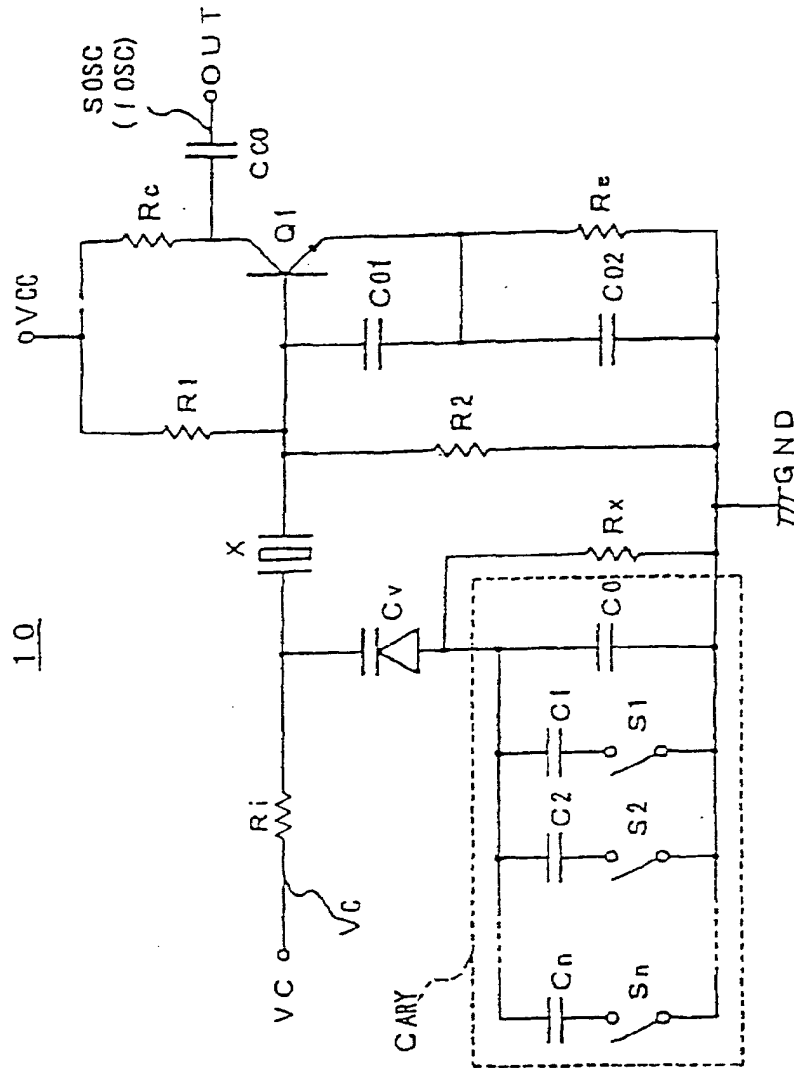
50

55

60

65

Fig. 1



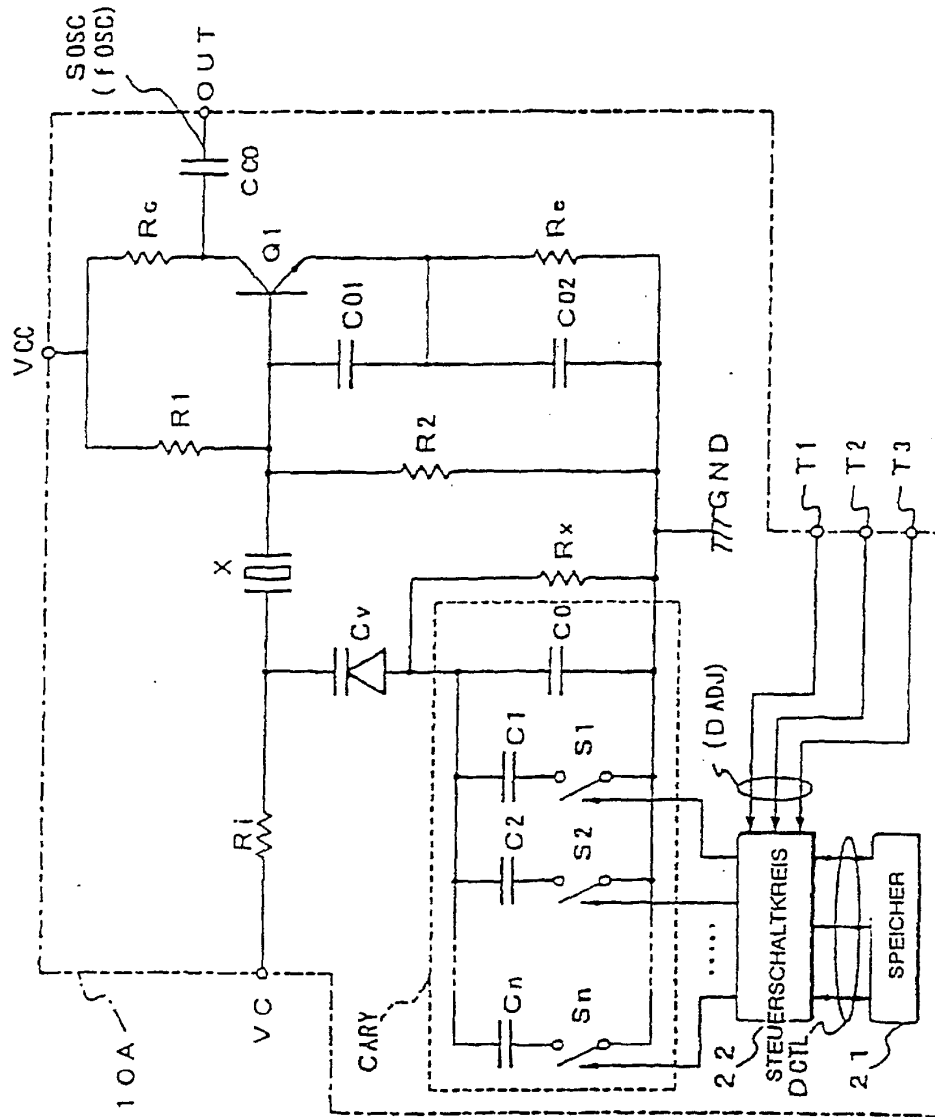
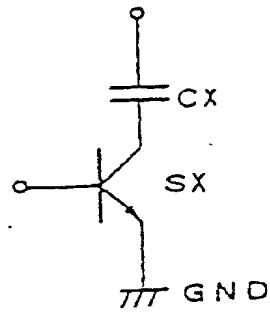


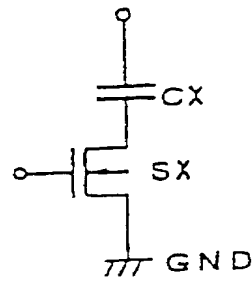
Fig. 2

Fig. 3



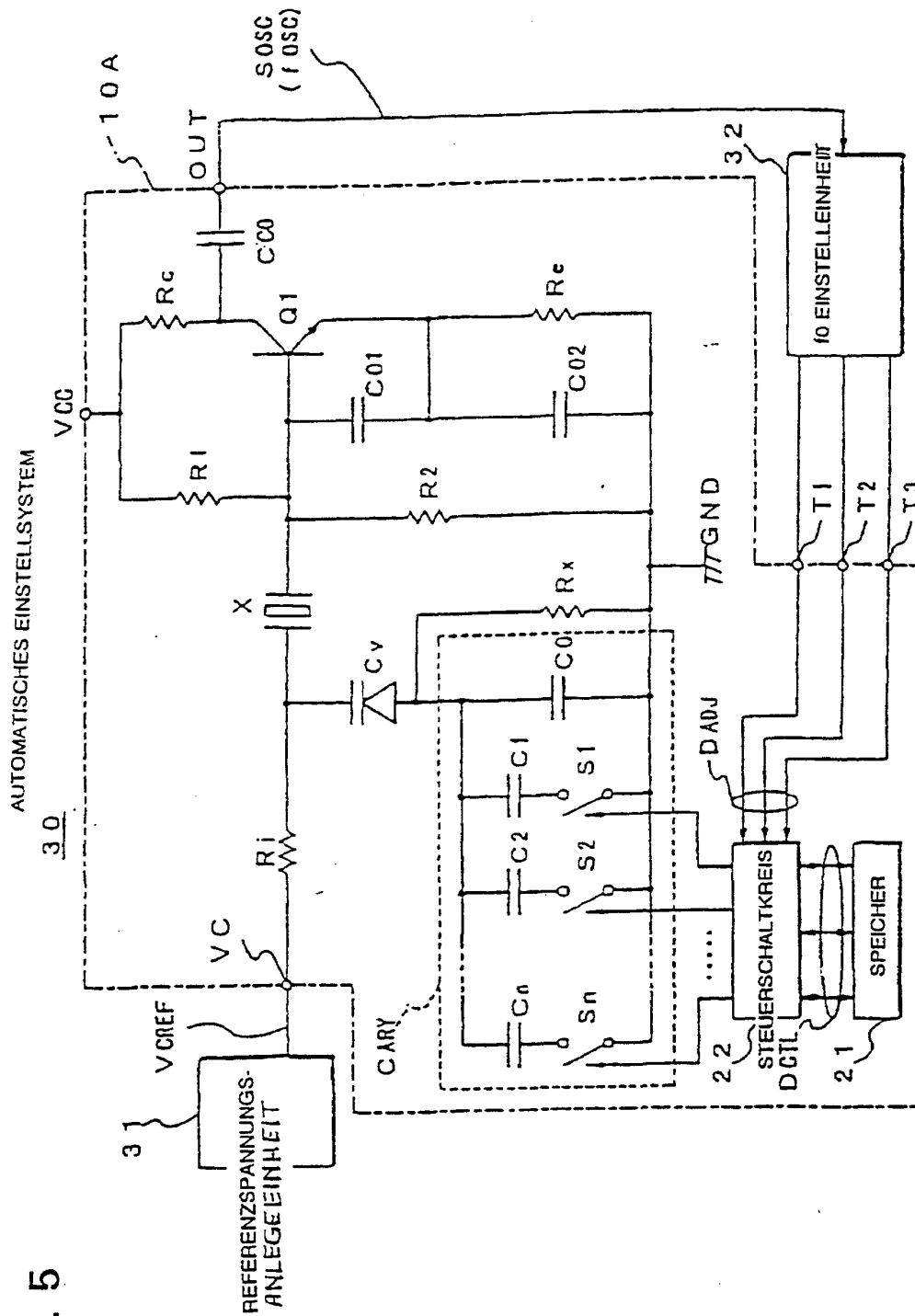
X: 1 ~ n

Fig. 4



X: 1 ~ n

Fig. 5.



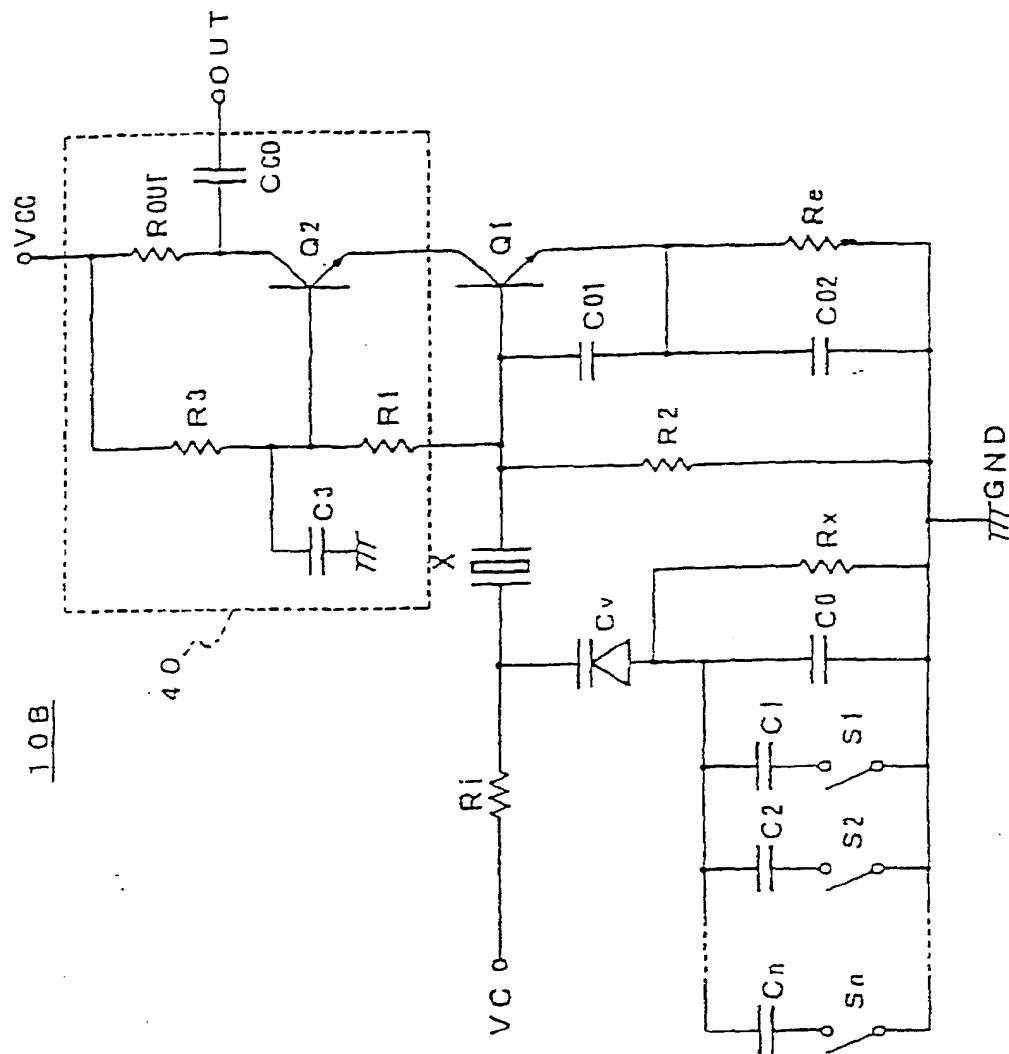
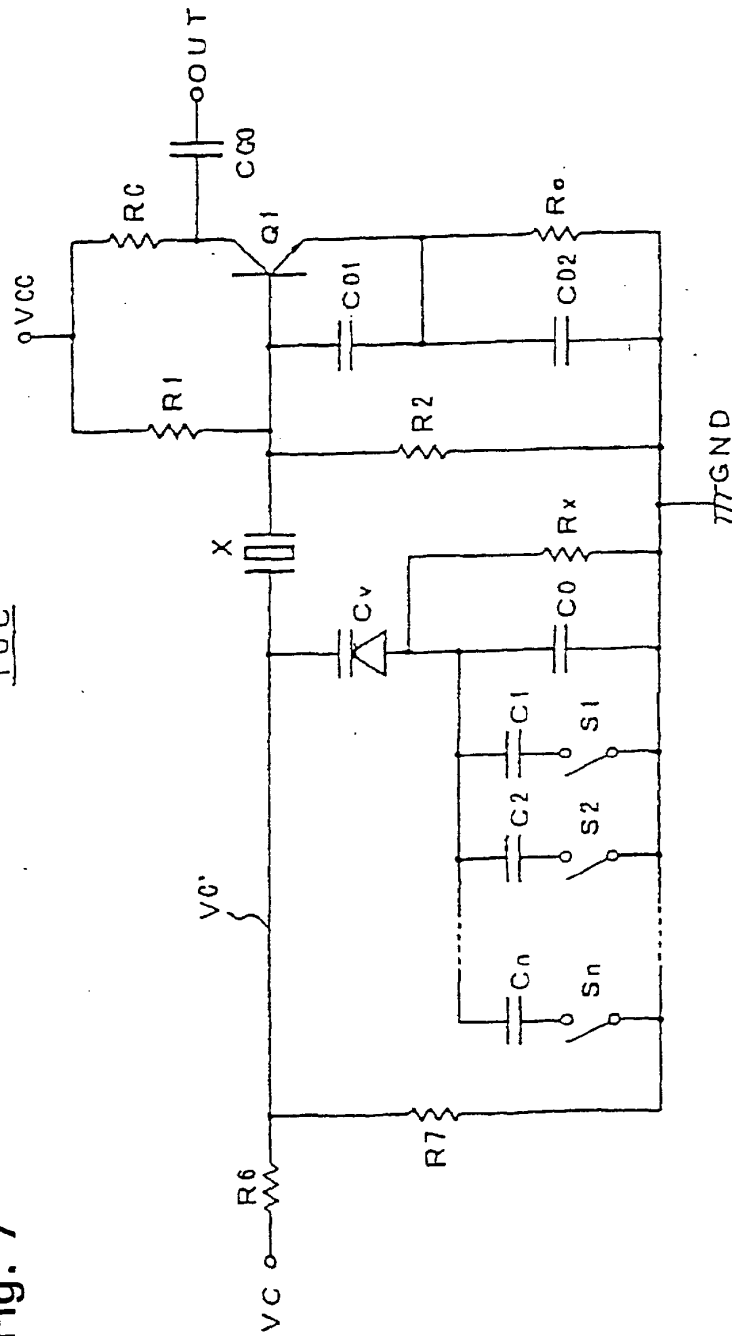


Fig. 6

Fig. 7

100



eX	$R7 = \infty$	$VC' = VC$	$\pm 200\text{ppm}$
	$R7 = R6$	$VC' = 1/2(VC)$	$\pm 100\text{ppm}$

Fig. 8

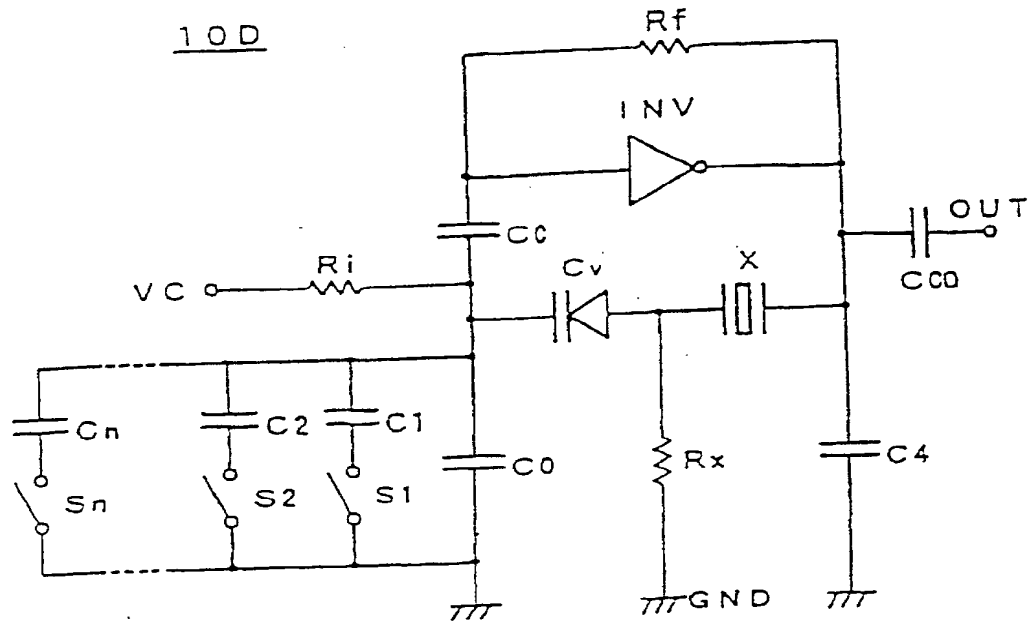


Fig. 9

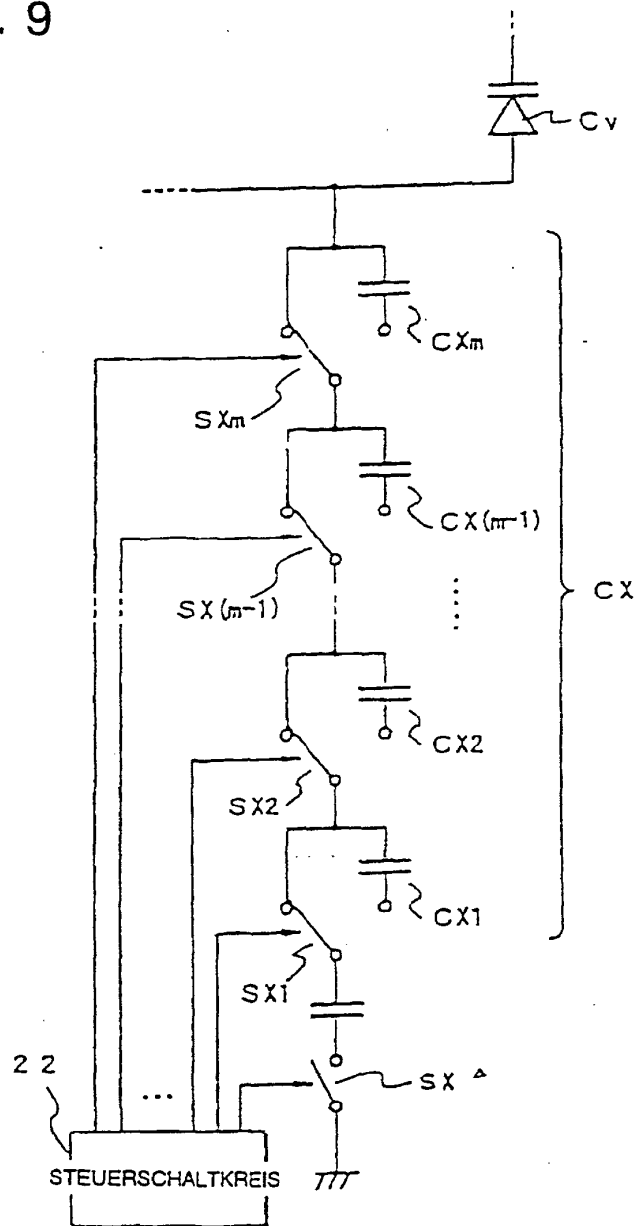


Fig. 10

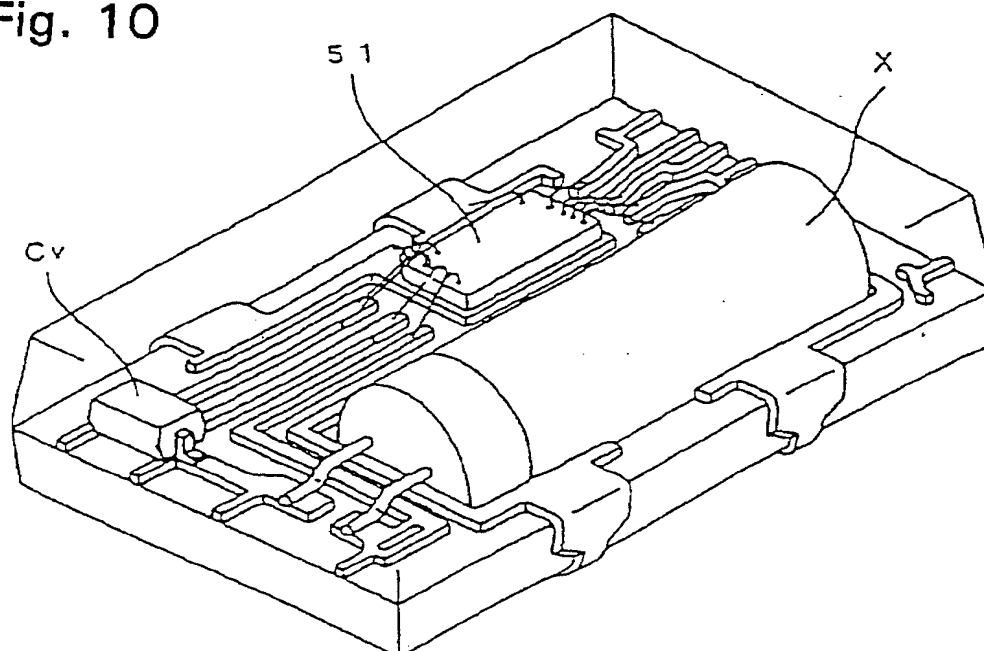
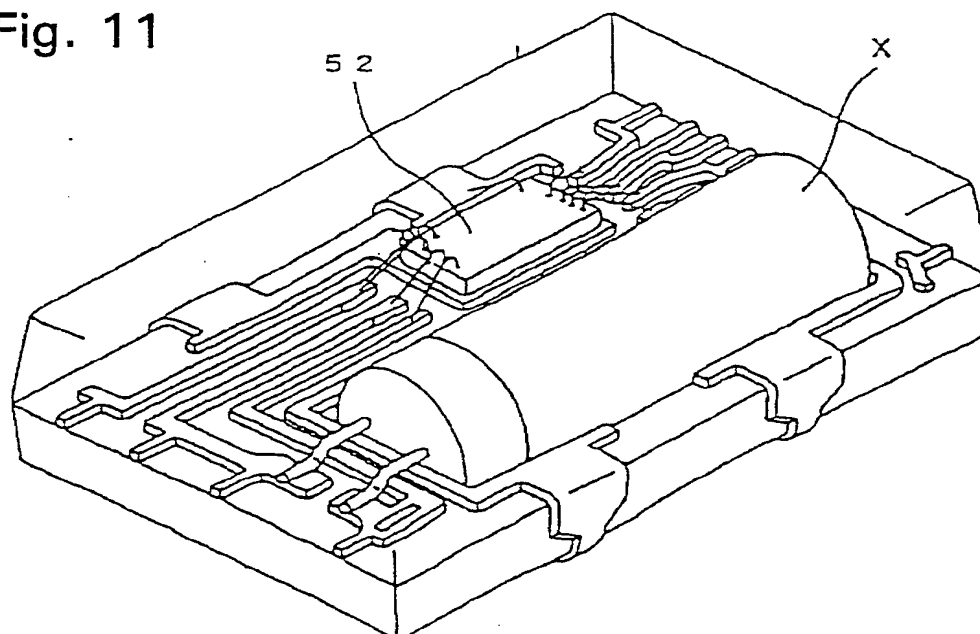


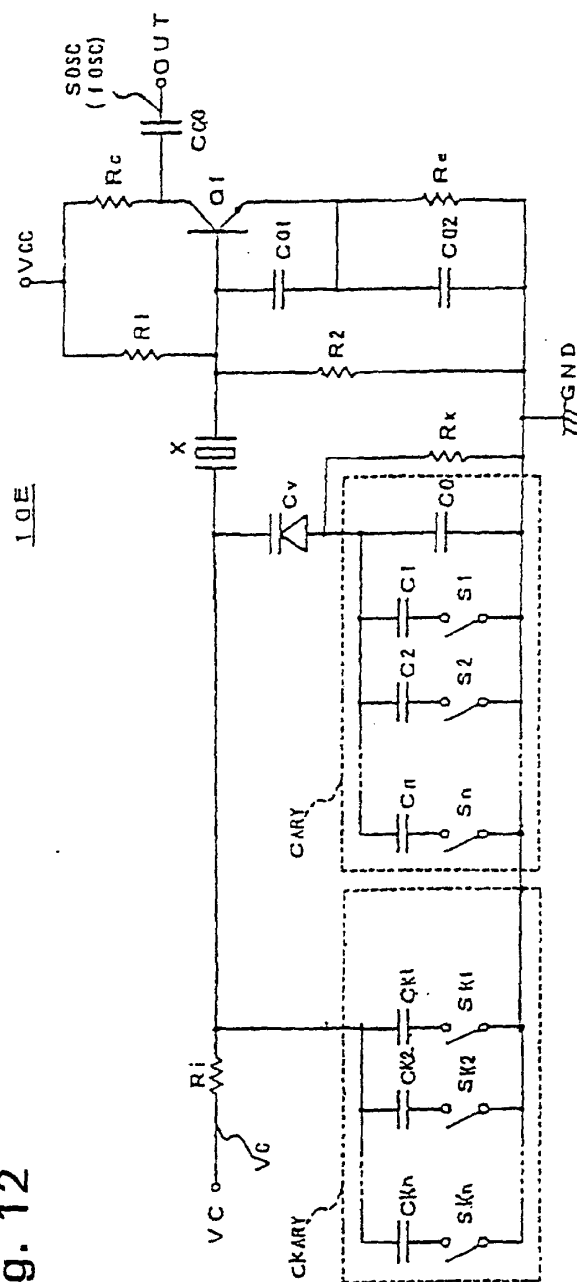
Fig. 11



Nummer:
Int. Cl.⁶:
Offenlegungstag:

DE 199 14 698 A1
H 03 B 5/36
21. Oktober 1999

Fig. 12



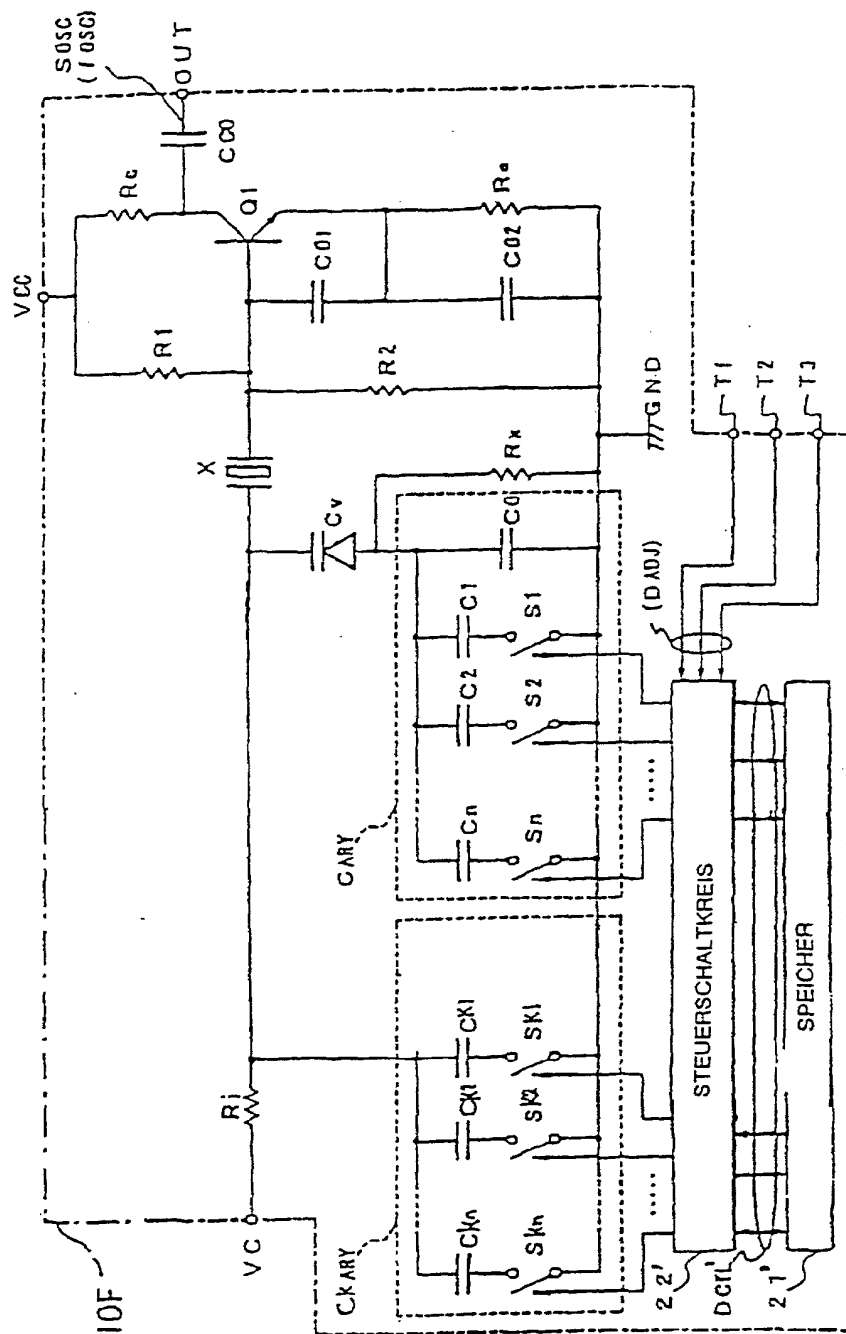
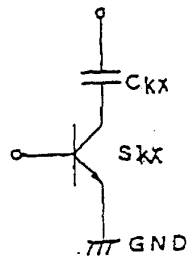


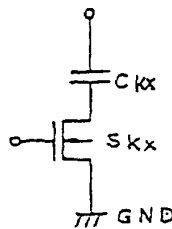
Fig. 13

Fig. 14

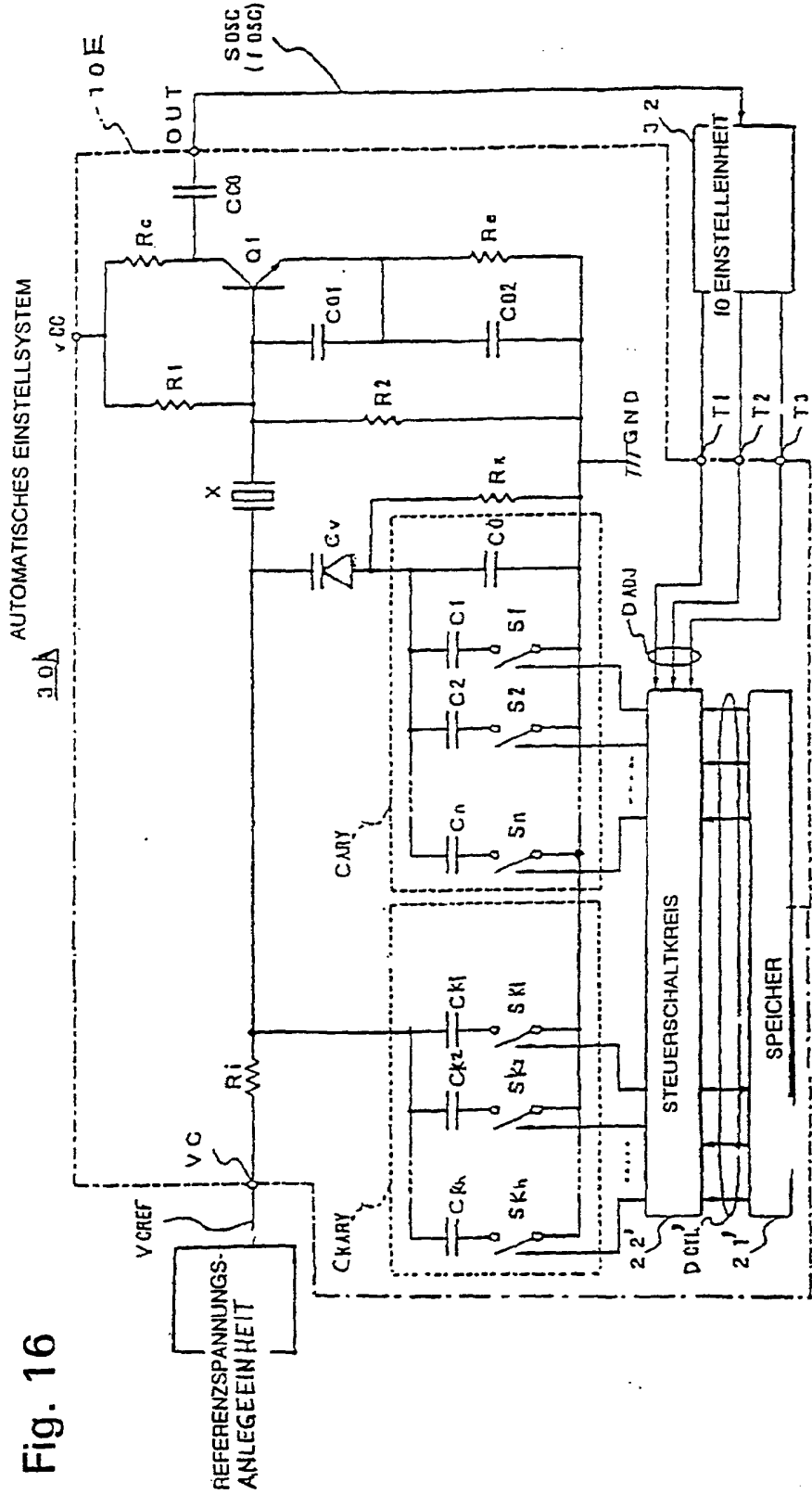


X: 1 — n

Fig. 15



X: 1 — n



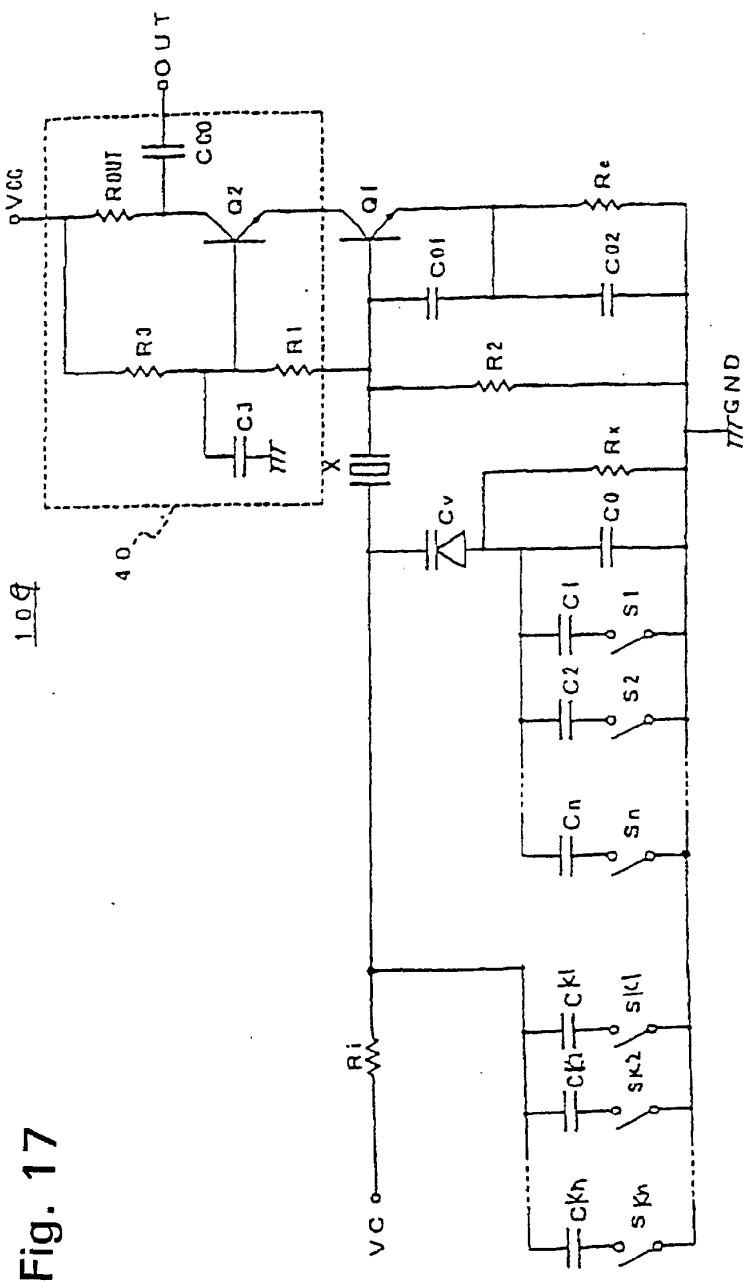


Fig. 18

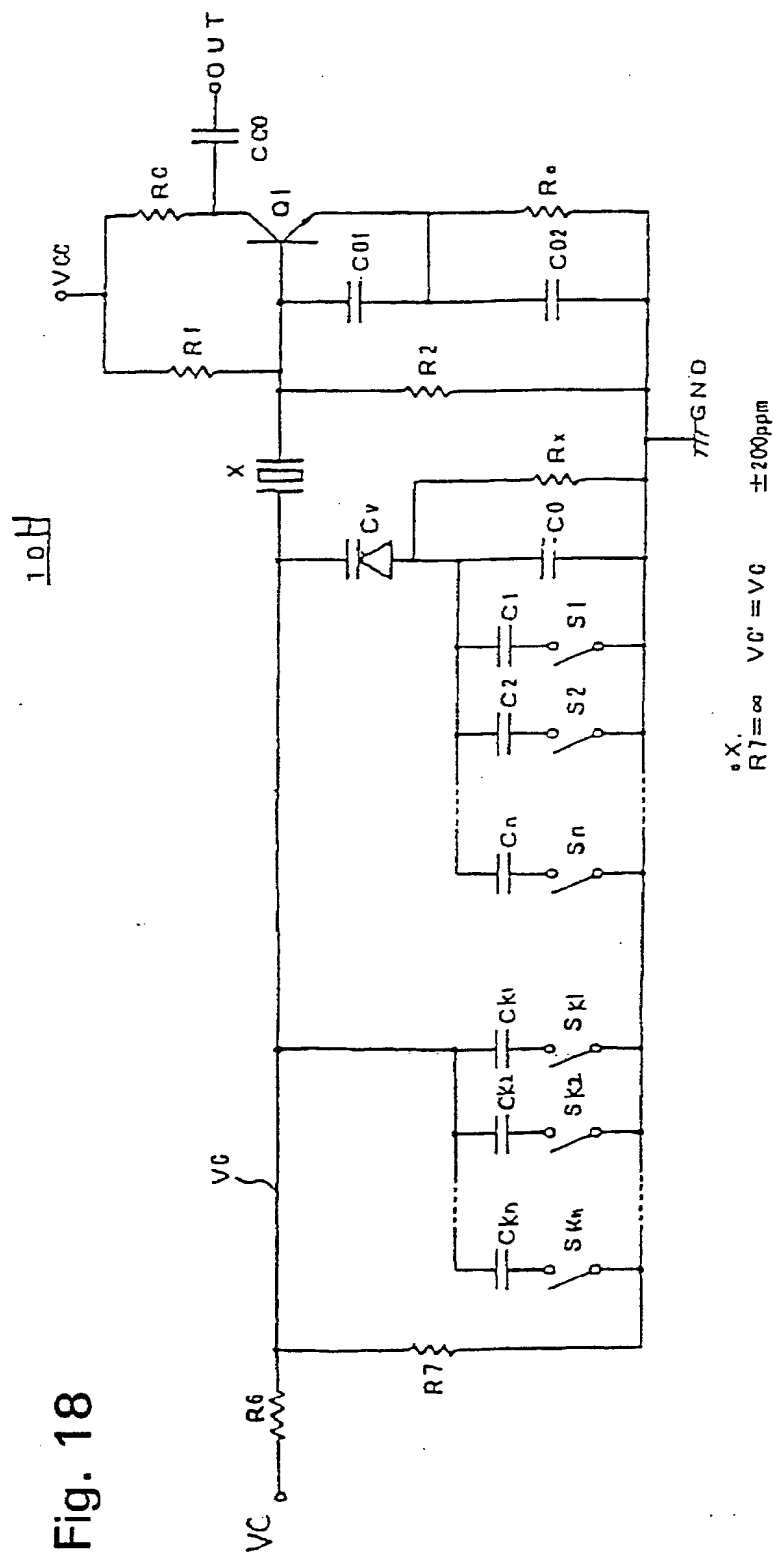


Fig. 19

10 I

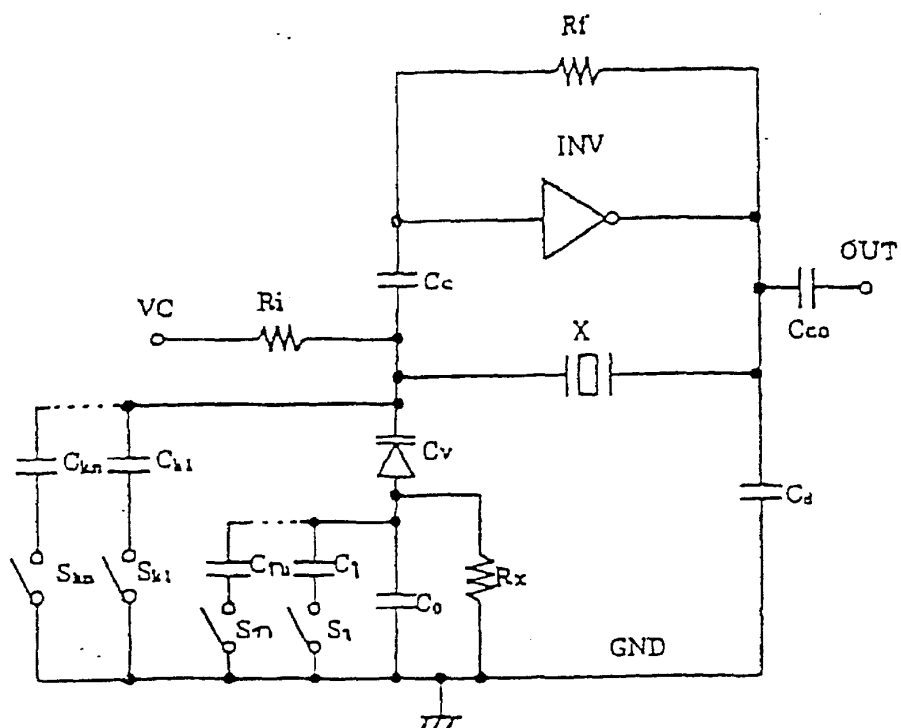


Fig. 20

10J

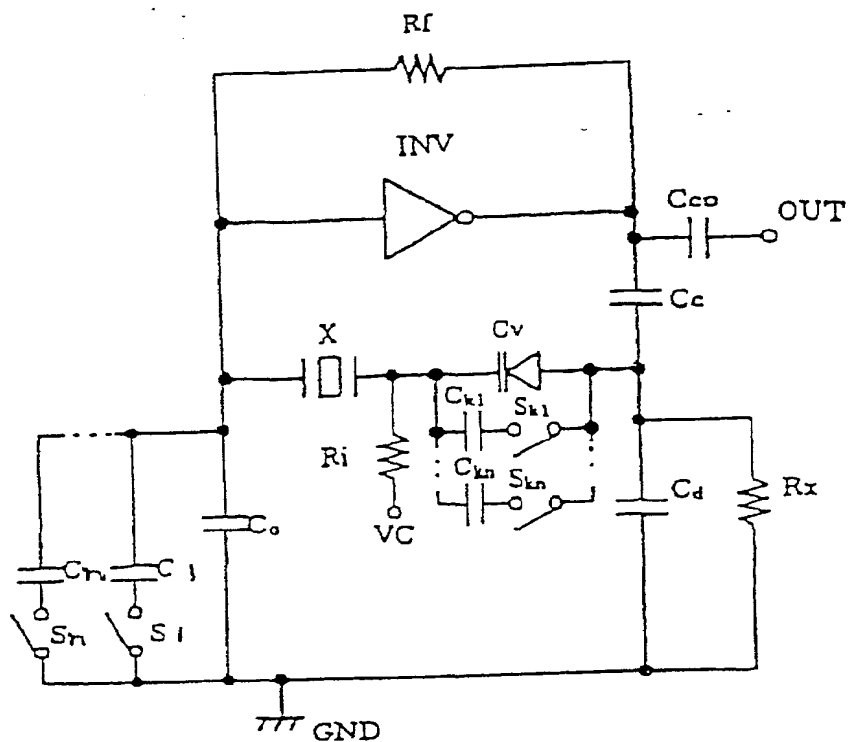
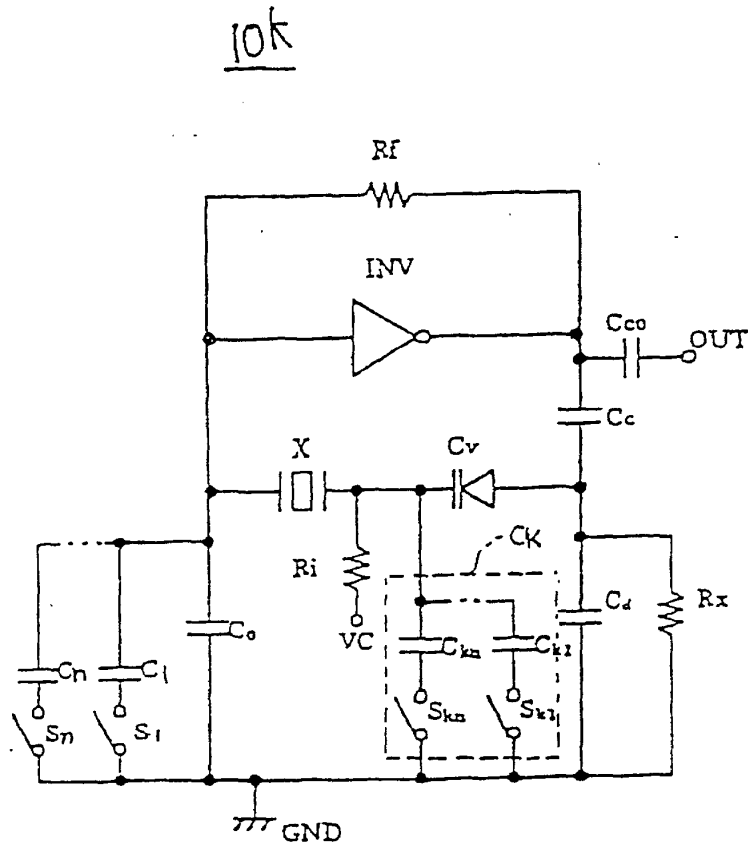


Fig. 21



10L

Fig. 22

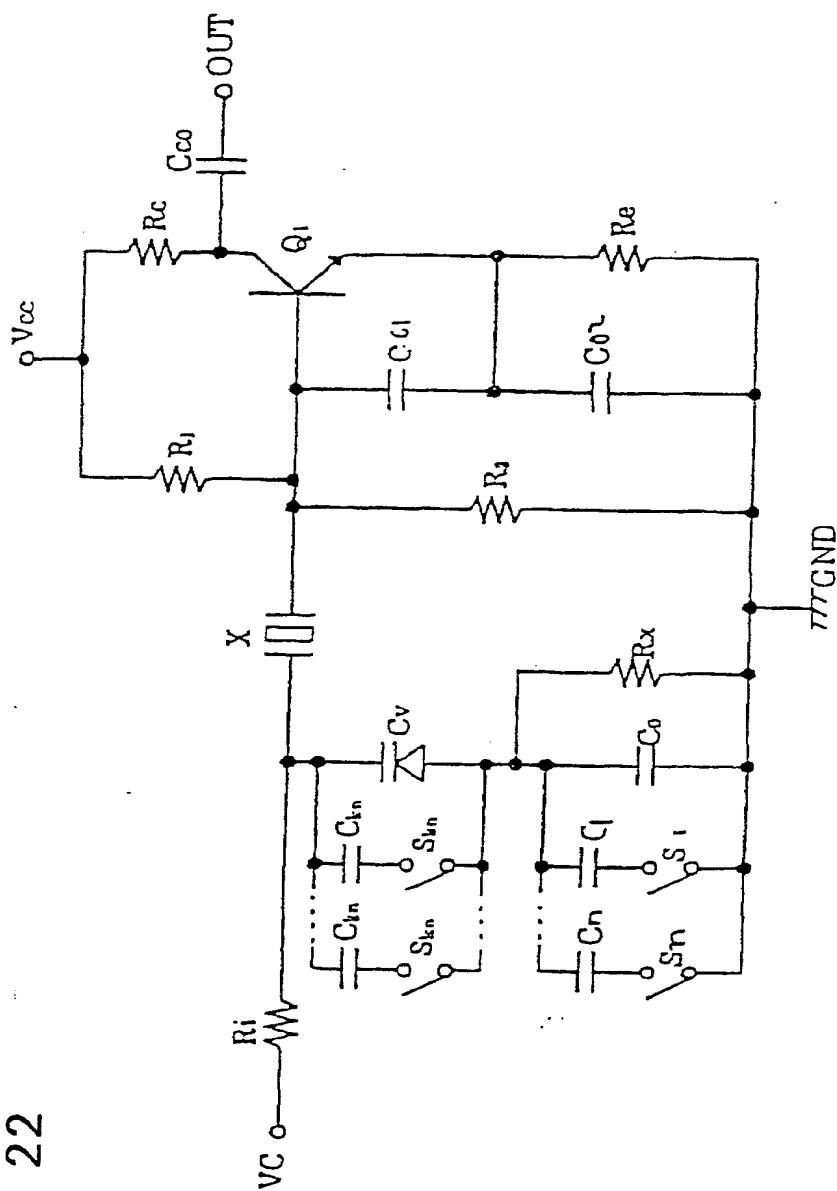


Fig. 23

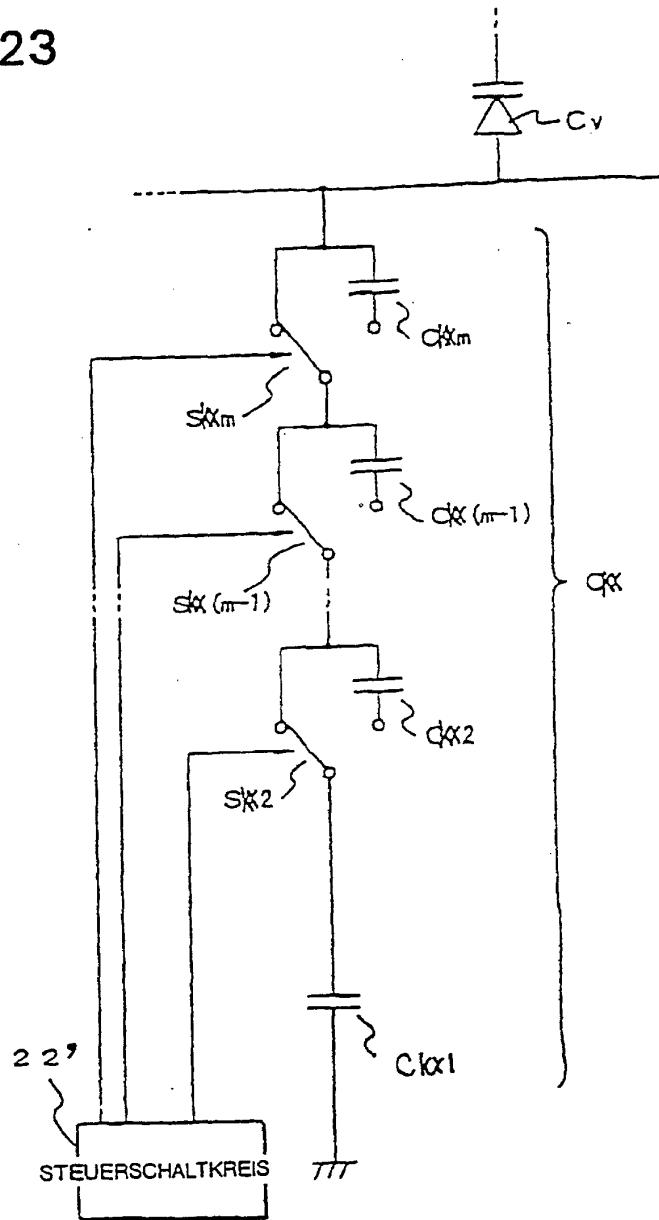


Fig. 24

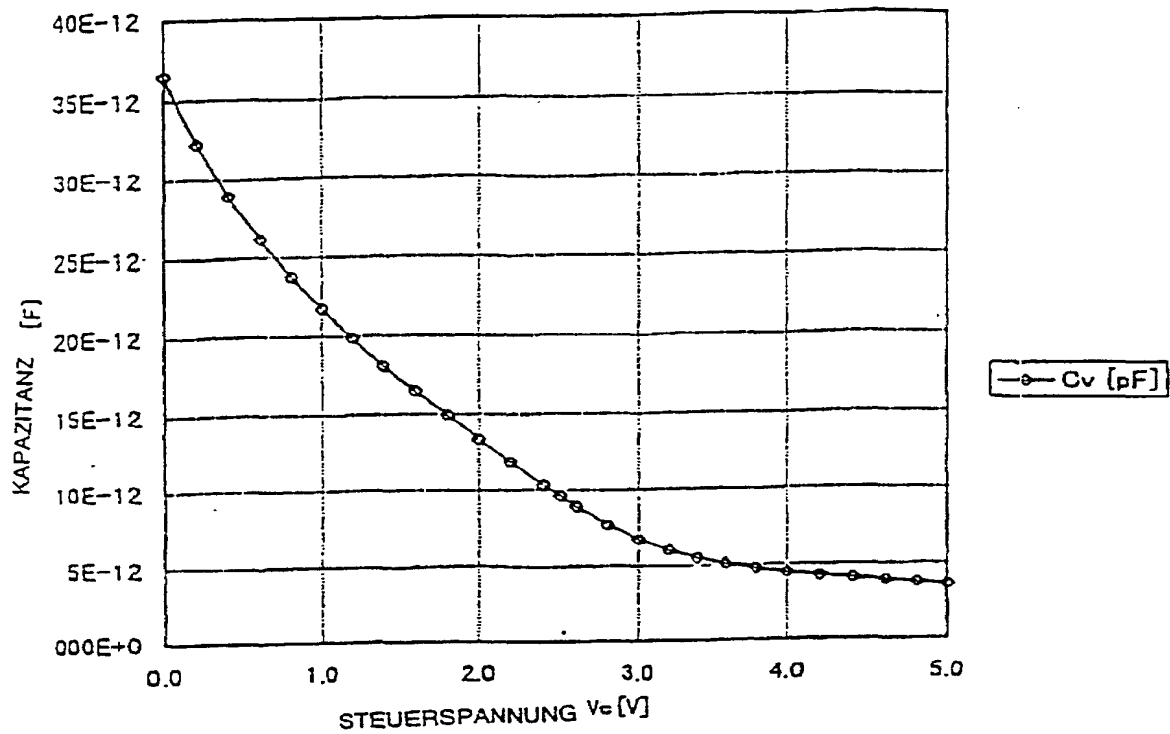


Fig. 25

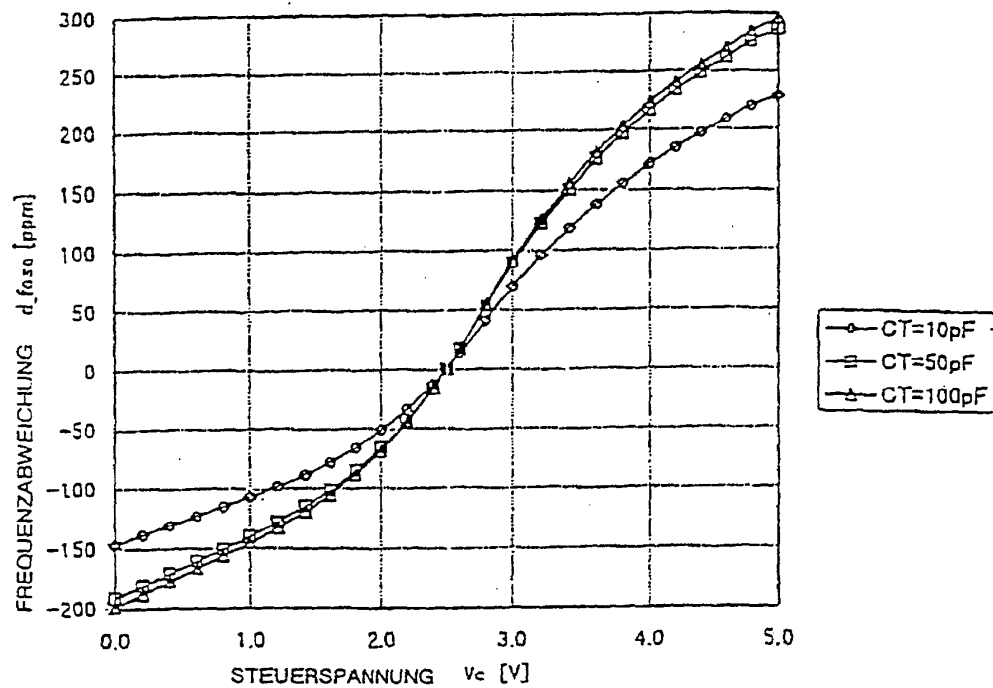


Fig. 26

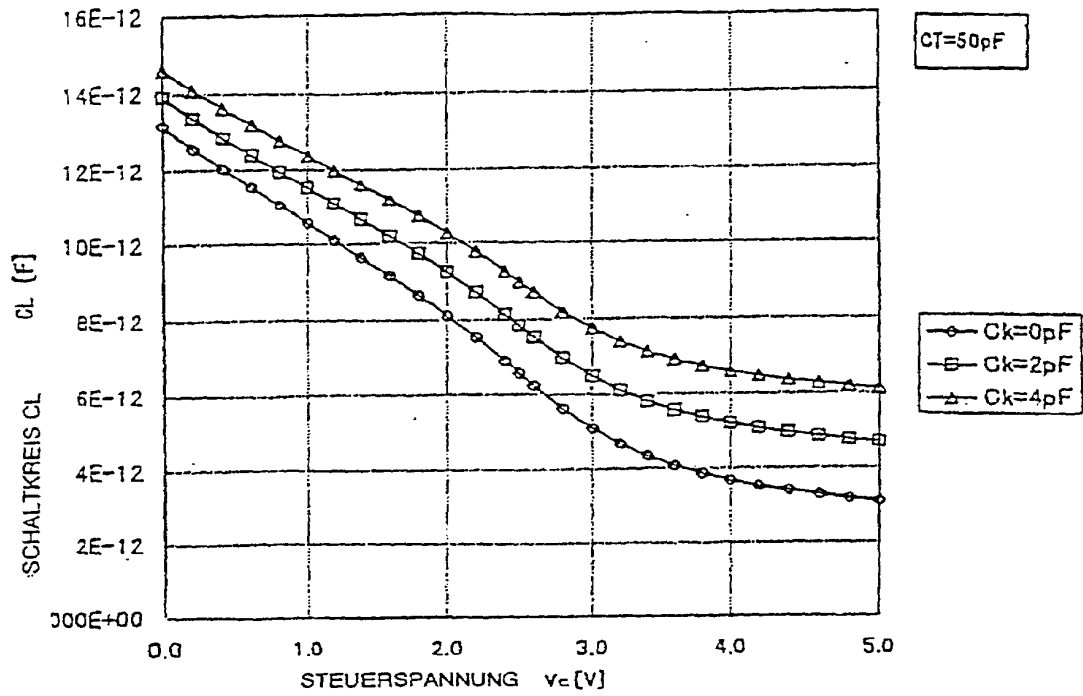


Fig. 27

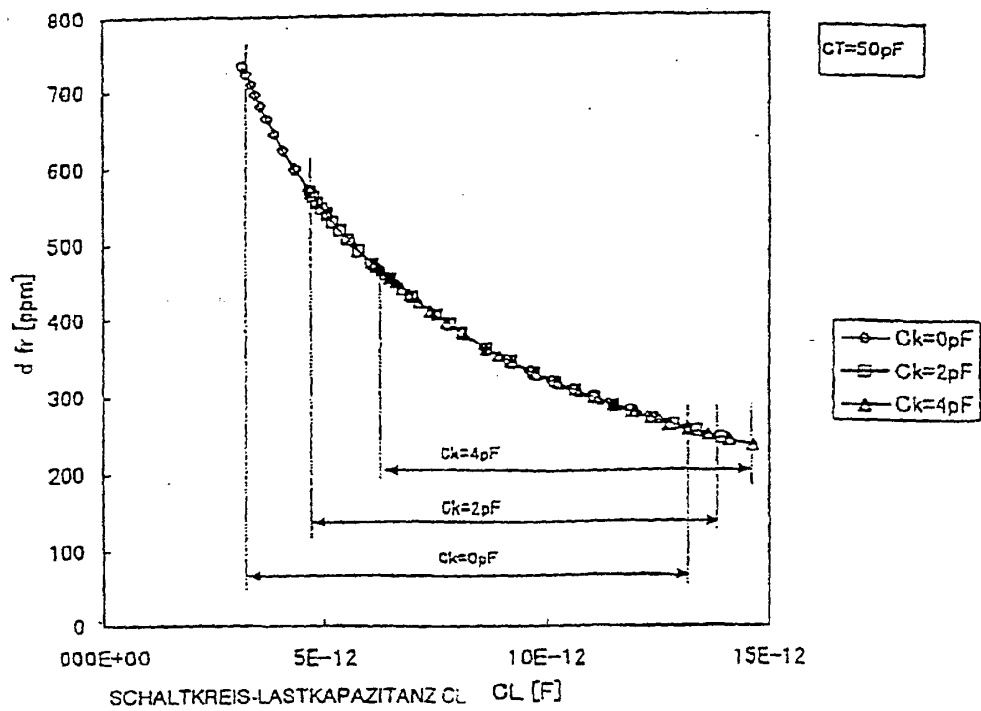


Fig. 28

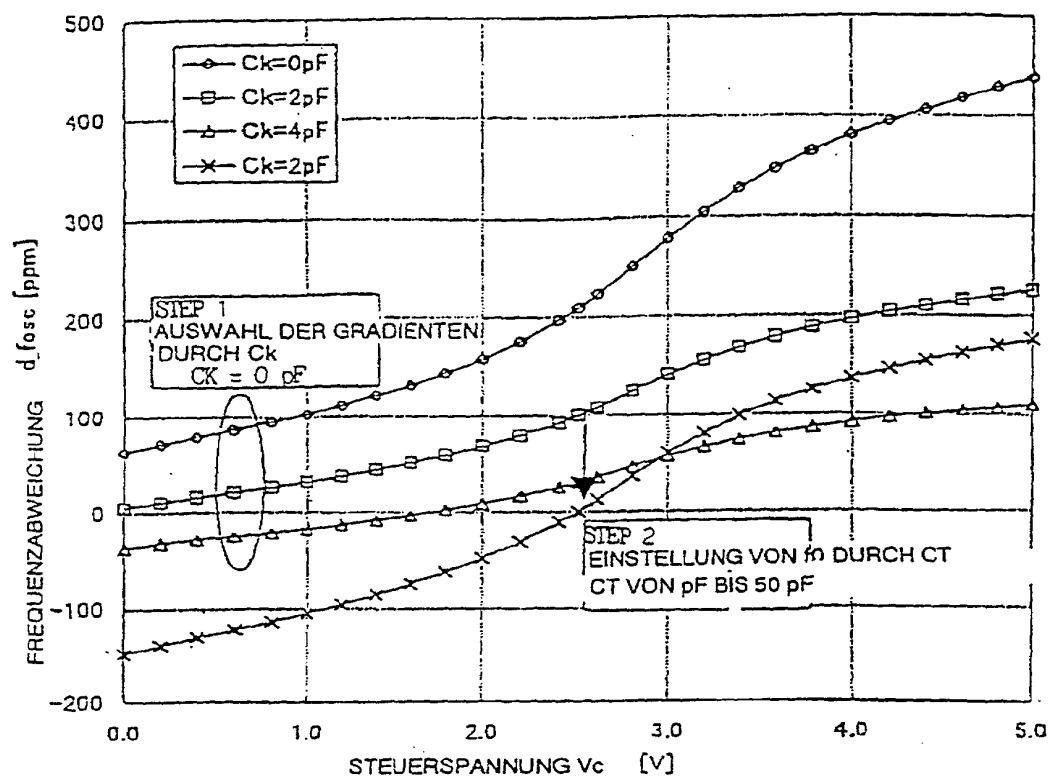


Fig. 29

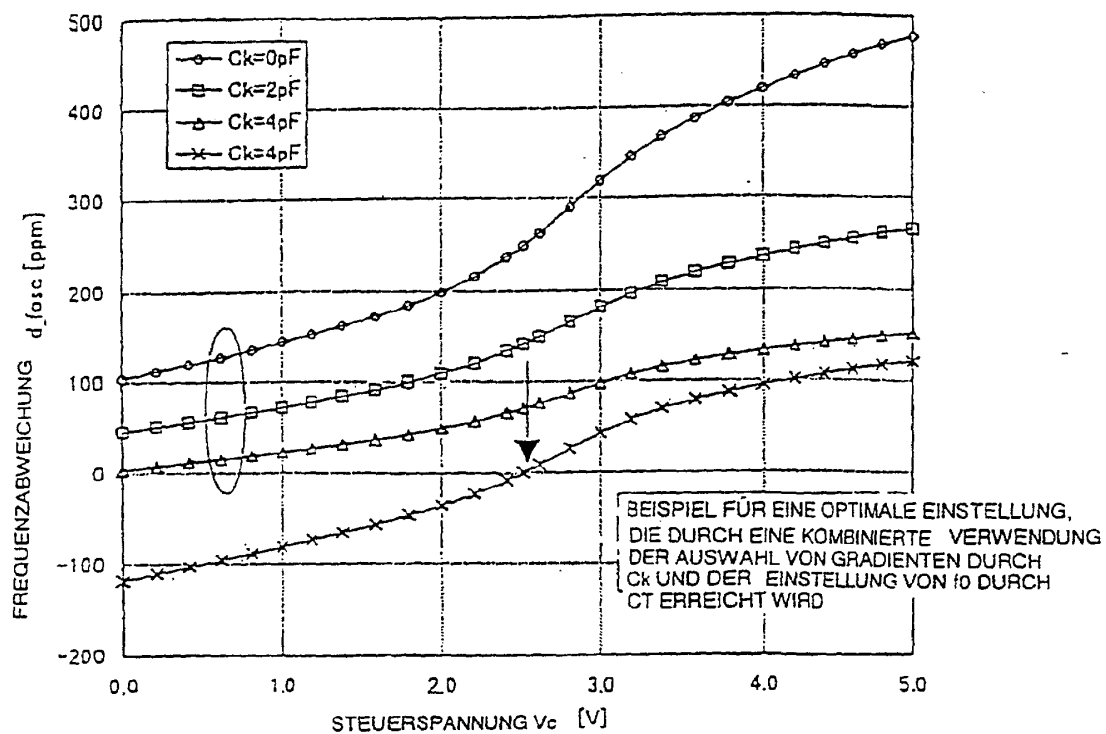
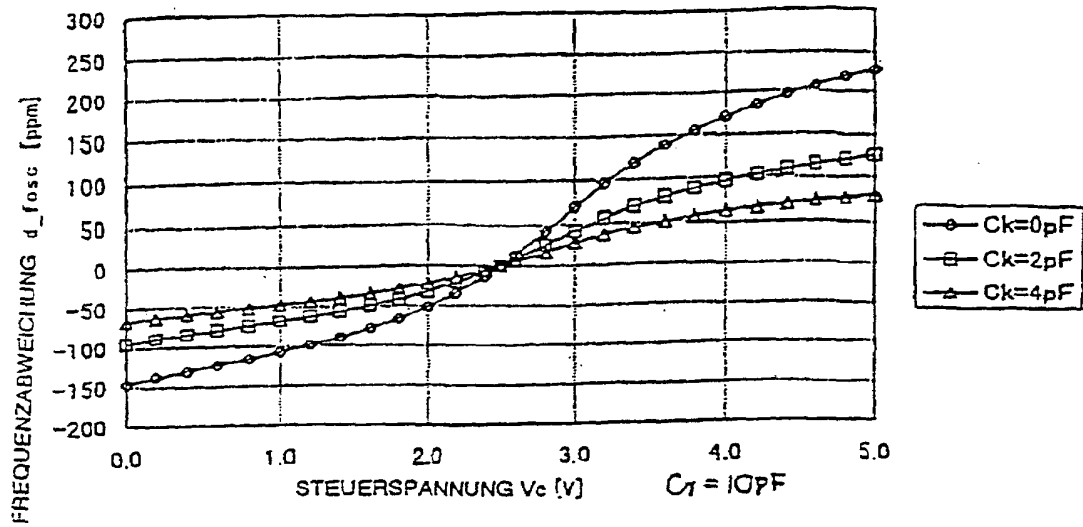
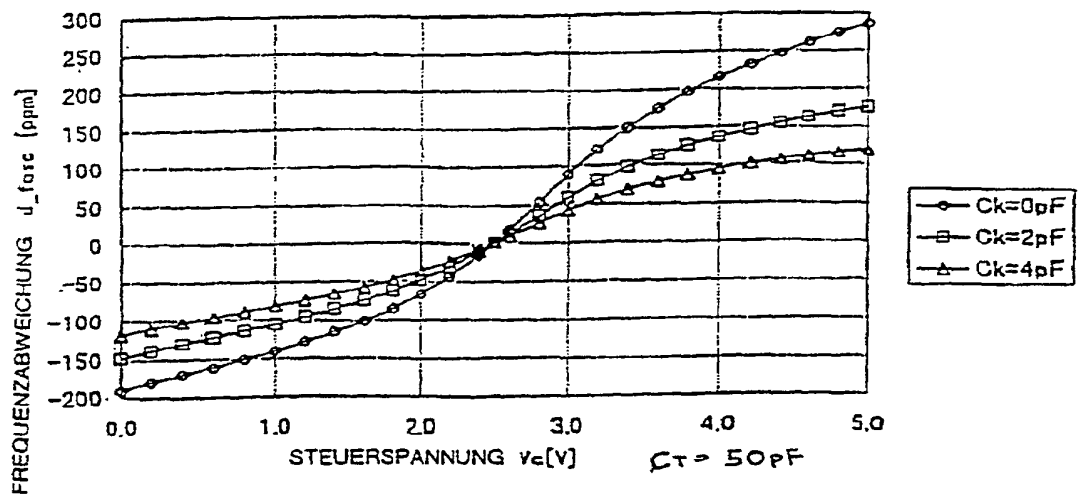


Fig. 30

(a)



(b)



(c)

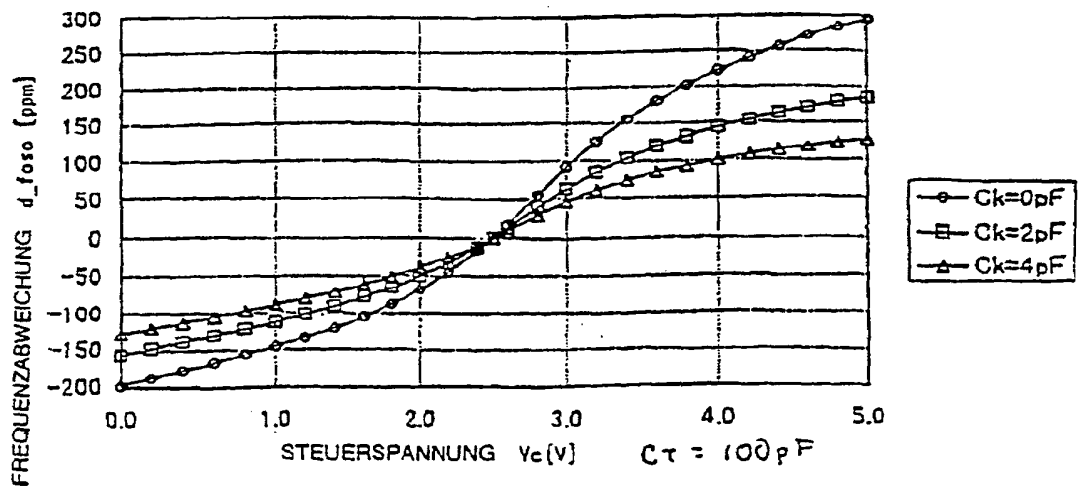


Fig. 31

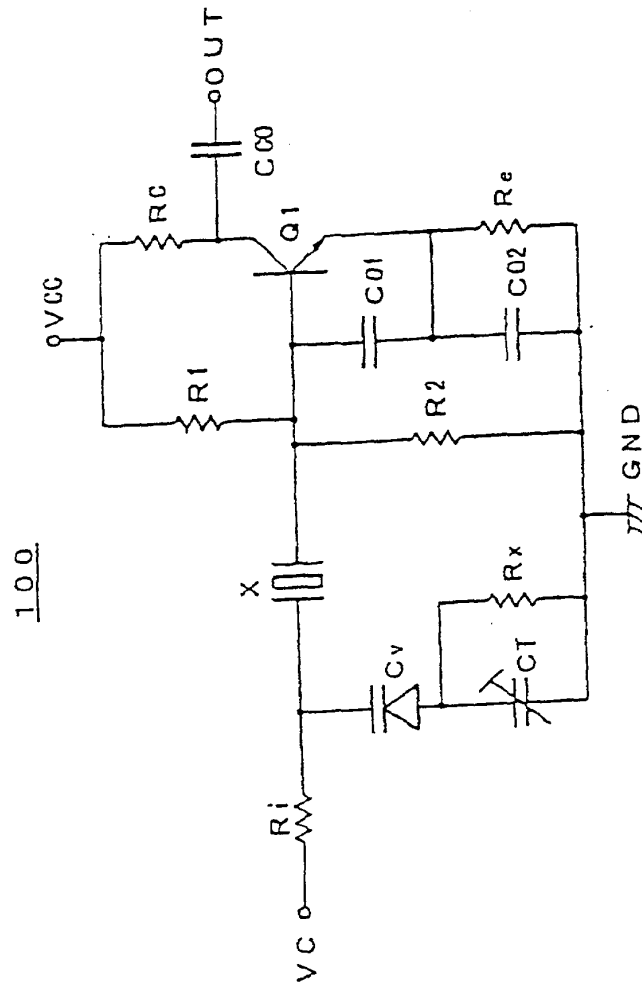


Fig. 32

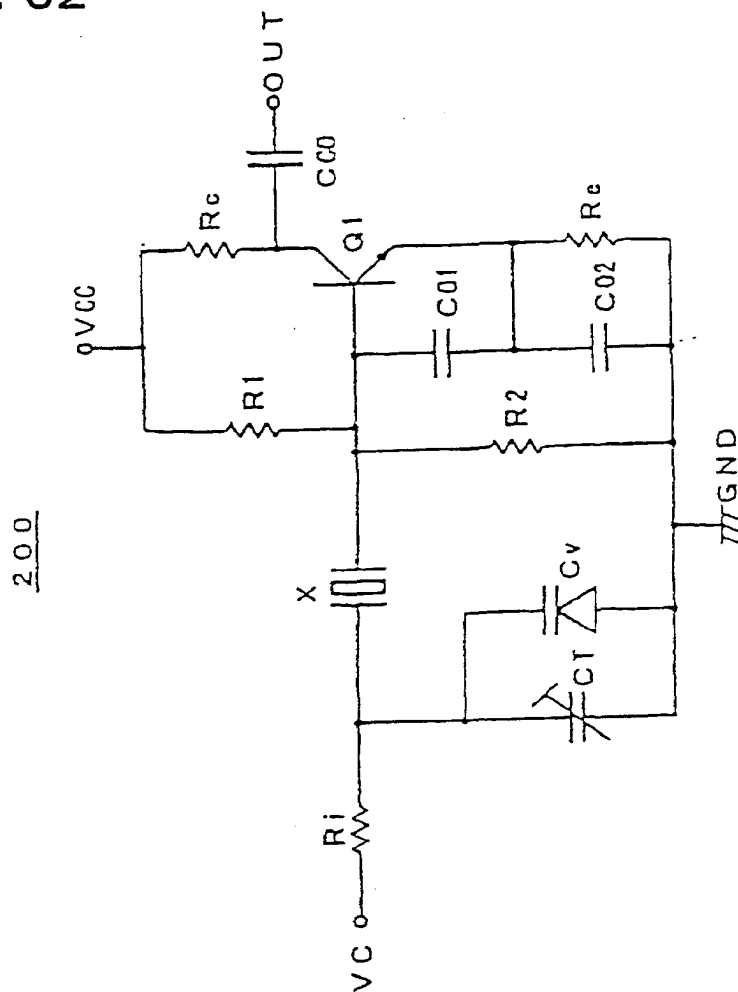
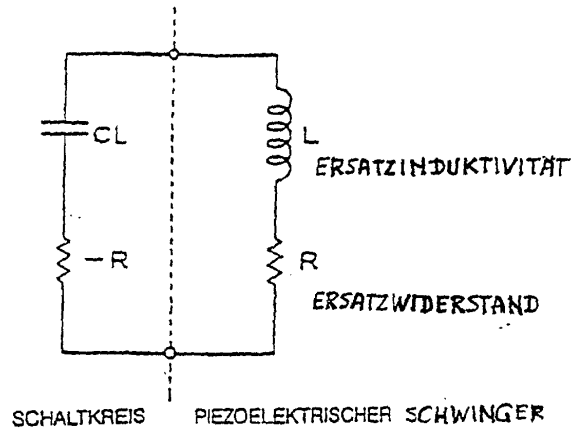
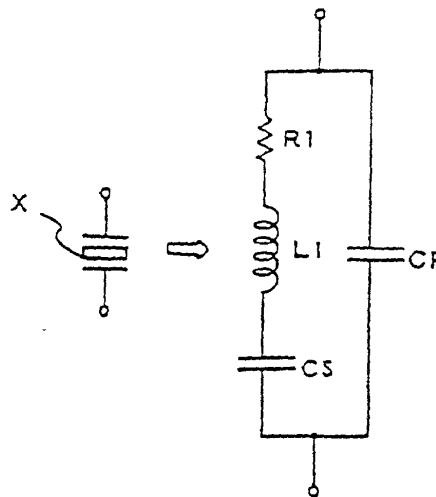


Fig. 33



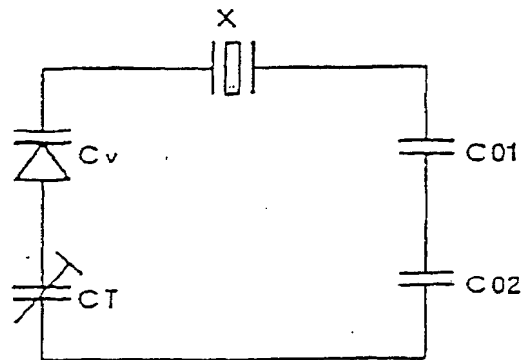
CL : LASTKAPAZITÄT DES SCHALTKREISES
- R : NEGATIVER WIDERSTAND
ERSATZSCHALTKREIS IN
OSZILLATIONS-BETRIEBSART

Fig. 34



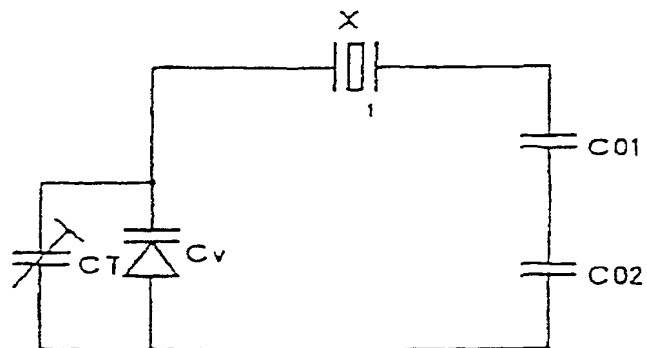
ERSATZSCHALTKREIS EINES PIEZOELEKTRISCHEN SCHWINGERS

Fig. 35



$$C_L = \frac{1}{\frac{1}{C_{01}} + \frac{1}{C_{02}} + \frac{1}{C_T} + \frac{1}{C_v}}$$

Fig. 36



$$C_L = \frac{1}{\frac{1}{C_{01}} + \frac{1}{C_{02}} + \frac{1}{C_T + C_v}}$$

Fig. 37

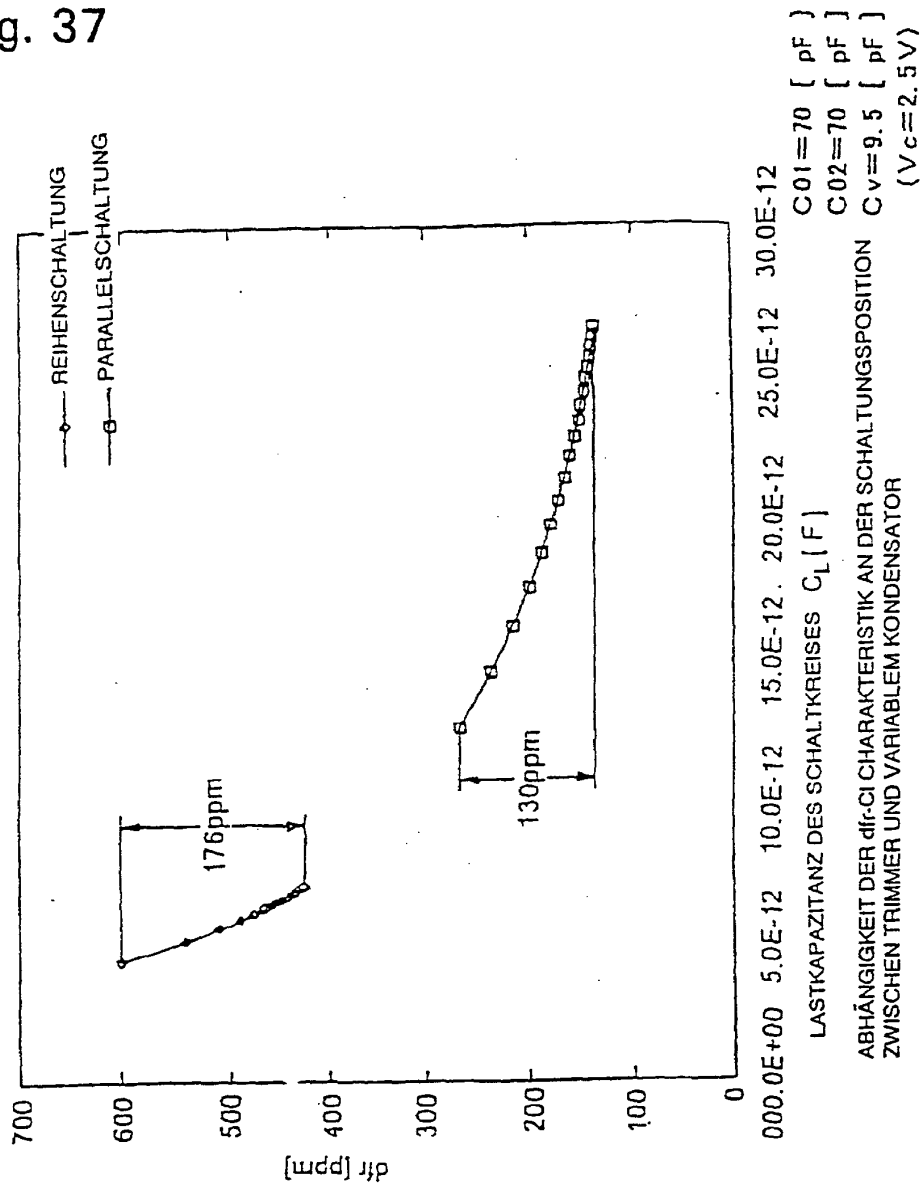


Fig. 38

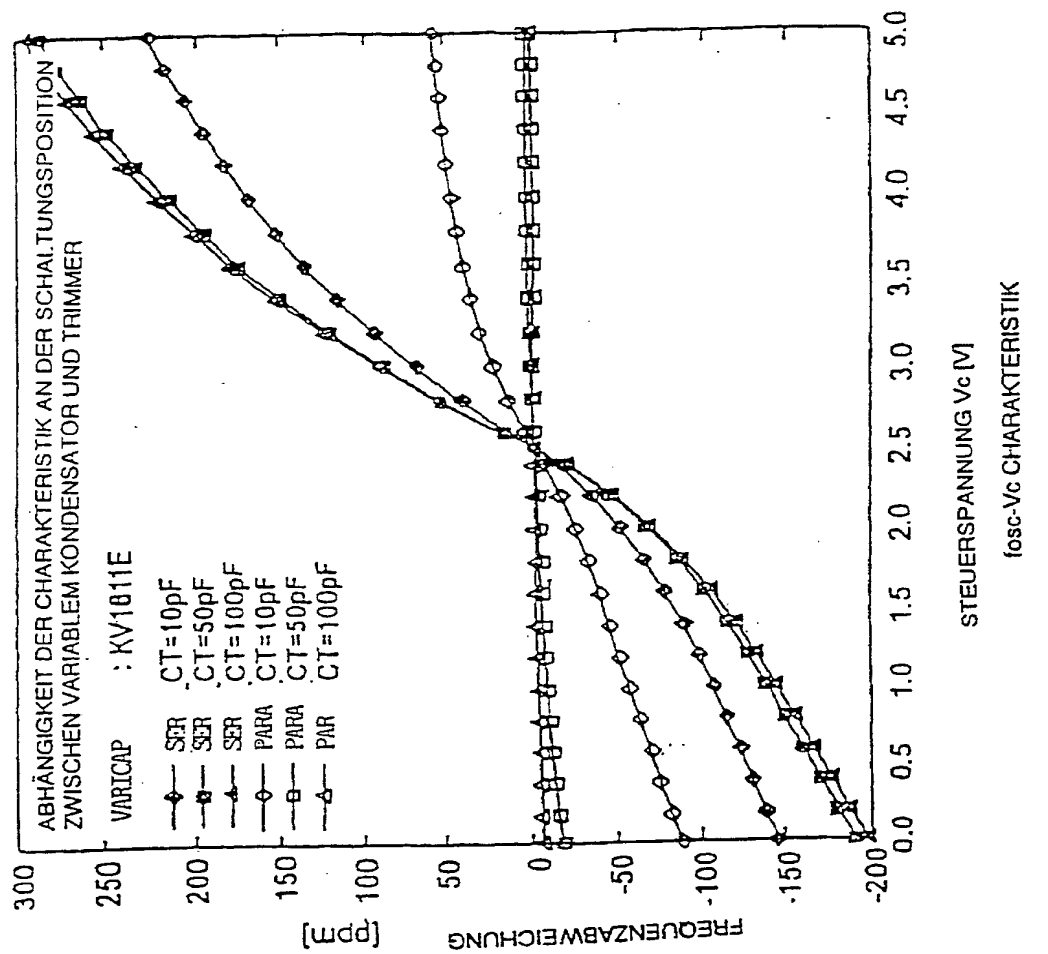


Fig. 39

